SISMOPIROLOGIA

LA NATURA E L' UOMO

I.

SISMOPIROLOGIA

TERREMOTI, VULCANI

ED OSCILLAZIONI DEL SUOLO

SAGGIO DI UNA TEORIA

DI GEOGRAFIA FISICA

DEL PROFESSORE

GEROLAMO BOCCARDO

GENOVA

CO' TIPI DEL R. I. DE' SORDO-MUTI

1869

PREFAZIONE

Nel condurre a termine un lungo ed assai difficile lavoro di sintesi, destinato a dare impronta di unità ad una svariata congerie di fenomeni e di teorie, tentando di riprodurre nel campo della scienza quel-l'eterno carattere di universale connessione che regge tutta l'economia della Natura, — lavoro che vide testè la luce nella mia *Fisica del Globo*, — io fermai nell'animo il pensiero di venire man mano pubblicando i singoli e parziali studii analitici, che a quel concetto finale mi erano stati guida ed elemento.

Siffatto proposito io porrò in atto, se mi bastino la vita e l' ingegno, sotto il generale titolo — *La Natura e l' Uomo* — con una serie di Saggi, dei quali il primo offro ora ai lettori di questo volume.

Per ogni dove regna il moto, la trasformazione, lo svolgimento; l' immanenza e la immutabilità non esistono in alcuna parte dell' Universo. Gli *Dei oziosi* di Epicuro furono sbanditi dall' Olimpo, ed il riposo sabatico non trova riscontro nella Natura. Tale è il grande insegnamento, tale è la legge suprema a cui le scienze tutte cospirano.

L' antichità aveva fantasiato una Terra immobile, attorno alla quale danzavano le stelle. Ma il secolo novatore di Copernico e di Galileo turbò per sempre i tranquilli sonni di Vesta, facendoci assistere alla sua corsa turbinosa, comechè ad un tempo regolare e ritmica, intorno al possente astro centrale.

Questa rivoluzione del nostro pianeta, cui si assegnava da' suoi primi discopritori una legge semplicissima ed una curva agevolmente determinabile, ad un più maturo studio si palesò avvolta in una così complicata serie

di spirali elittiche, da rendere sopramodo difficile il calcolarne con ėsattezza le linee intricatamente diverse. Moto di rotazione sopra sè stesso; — moto di rivoluzione intorno al sole; — moto di traslazione di cielo in cielo, nel turbine della vita universale, con tutto il sistema onde la terra non è che minima parte; — moto di bilanciamento sul proprio asse, con alterna vicenda inclinantesi verso l'ecclitica; — moti di deviazione dalla sua elissi, ogniqualvolta incontra e saluta sul suo passaggio altri corpi celesti.

Nè ciò basta. — L'appellazione di *stelle fisse*, quando non si adoperi a manifestare una idea essenzialmente relativa, è divenuta anch'ella un errore, dacchè si ebbero le prove che di fisso nulla evvi nel cielo; dacchè si seppe che i Soli e tutto il loro corteo di pianeti, di asteroidi, di satelliti, corrono distanze immense negli abissi senza confine; e che le nebulose, delle quali sono atomi i Soli, vanno in eterno sollecitate da intestini moti, e sono da perpetui cangiamenti di forma e di costituzione modificate.

Cacciata dal firmamento, l'idea d'immobilità cercò rifugio sulla terrestre superficie,

e credette trovarlo nella distinzione tra la natura vivente, di cui il moto è privilegio o còndanna, e la inerte materia, che non cambia nè muore. Ma il microscopio di Ehrenberg ha mostrato che non vi ha un atomo solo di materia oggi inerte, il quale ieri non abbia vissuto. Gli îmi letti dei mari, le più eccelse vette dei monti, i profondi strati calcari si trovarono composti di piccole nummuliti, di umili foraminiferi, che di milioni di secoli precedettero i mammiferi e l'uomo nel teatro della vita. E Giorgio Byron non faceva che rivestire di sublime poesia una esatta verità della scienza, quando sclamava: Uomo, la terra su cui tu muovi il passo, non ha guari viveva!

I mari che bagnano i tre quarti del nostro globo e l' oceano gazoso che tutto lo avvolge, obbediscono alla gran legge del moto, che perpetuamente li rimescola e li rinnova. Non v' ha raggio di sole che, piovendo su quelle masse, non alteri l' equilibrio del loro calore, e non ne determini quindi il movimento. Non v' ha solitaria conchiglia, non ascoso ramo di corallo che, sottraendo una molecola calcare all' onda

marina, non ne modifichi la relativa densità e però non eserciti un influsso sulla origine e sulla direzione delle correnti. Non vi ha punto del pelago, sul quale l'attrazione lunare e la solare non provochi l'alterno palpito della marea.

« Ma se il moto è la legge dei cieli, e dell'aria, e delle acque, immobili saranno almeno le rocce ed il granito. Qui potrem dire finalmente: *terra autem stat!* — »

Eh no! — Anch'esse le dure rupi, e le superbe montagne, e le valli profonde, e le isole, e i vasti continenti anch'essi soggiacciono ad un incessante lavorio di metamorfosi, ad una eterna vicenda di trasmutazioni e di movimenti. Tutta la penisola Scandinavica si va costantemente sollevando sulla superficie dei mari, nella ragione di circa un metro ogni secolo. Lo stesso avviene della occidentale costa dell'America, ove si aderge co' suoi superbi coni di ghiaccio e di fuoco la possente catena della Cordigliera. E del pari si dica di molti arcipelaghi dell'Oceano Pacifico, del Giappone, delle Sandwich, delle Marianne. Altre immense regioni, per lo contrario, la Groenlandia, l'Australia, le

Maldive, le Canarie, le isole del Capo Verde, la Giorgia, la Carolina, le orientali pianure Patagoniche vanno del continuo abbassandosi, ed il giorno verrà in cui su quelle terre si stenda la mole immensa del mare.

Fu un periodo nella storia del pianeta, nel quale le Alpi, sepolte sotto i tiepidi oceani primitivi, cominciarono a rizzare il capo dalle acque palustri, seco portando gli strati dei terreni terziari ch' eransi nell' epoca precedente depositati, e facendoli, man mano ch' elle si alzavano, inclinare ogni dì più all' orizzonte, come il manto di un gigante, che si erga destandosi da lungo riposo.

Ma, giunte a molto maggiore altitudine di quella a cui oggi torreggia il Monte Bianco, le Alpi cominciarono a logorarsi sotto l' azione demolitrice delle bufere, delle acque, delle nevi, dei ghiacciai in movimento. E questa decadenza delle montagne, che ci fa sclamare coll' antico poeta *sunt lacrimæ rerum*, e che si assomiglia cotanto a quella de' grandi imperi nella storia dell' umanità, tenderebbe fatalmente a ricondurre i lineamenti, oggi così svariati,

del nostro globo ad una pianeggiante uniformità, se innumerevoli altre cause di ricostruzione non fossero senza posa in contrario operanti.

Il mondo non è, ma diventa. — Questo profondo concetto della filosofia alemanna, che una magra e sterile metafisichetta ha indarno cercato di porre in deriso, è la formola di un sublime teorema, cui tutte le parti della Fisica del Globo, cui anzi tutte le più grandi scoperte della scienza moderna arrecano ogni giorno il tributo di una evidente conferma.

Nel novero delle cause che producono questo continuo ed universale movimento, nessuna (almeno entro i limiti della massa terrestre) si appalesa così efficace e possente, come quella forza, che in parte ancora è mistero, la quale determina i fenomeni sismici ed i vulcanici.

È essa *unica* cotesta forza? — Le vibrazioni del terremoto, le eruzioni dei monti ignivomi, le solfatare, le salse, le fonti termali, le esalazioni gazose, i lenti e graduali sollevamenti ed abbassamenti del suolo, sono altrettante manifestazioni di

una sola potenza? — L'esistenza di un centrale oceano di fuoco, su cui riposa in equilibrio instabile l'esile crosta terrestre, è dessa una verità d'induzione così sicura, come vollero insegnarla alcuni fra i più grandi intelletti dei quali si onori la storia delle scienze e della umanità? — Quali sono le vere conquiste che lo spirito indagatore della positiva e naturale filosofia può vantare in questo immenso campo di problemi, e quali gli arcani non ancora penetrati?

La risposta che, per appagare la mia propria curiosità, ho cercato a siffatti quesiti, forma il tema di questo mio libro. — Una oramai lunga esperienza della benignità de' miei compaesani mi lascia sperare che sarà accolto e letto con indulgenza dai dotti, i quali vorranno darmi credito della buona fede, con la quale ho procurato addentrarmi in uno de' più gravi problemi della Fisica del Globo; e non senza piacere e profitto dai giovani, che per la prima volta in Italia vi troveranno esposta una delle teorie meglio acconce a dare compiuta e solenne alla nostra mente l'idea della

sublime grandezza e della potenza infrenabile della Natura.

Delle correzioni che una critica onesta e sincera vorrà fare degli errori nei quali io possa essere caduto, serberò, come di prezioso beneficio, viva e profonda riconoscenza. Delle subdole, astiose arti e del perfidiare insidioso dei malevoli mi curerò non punto più che pel passato, consolandomene ampiamente nelle pure e serene gioie che accompagnano sempre una vita operosa ed una ingenua contemplazione delle eterne forze creatrici e rinnovatrici dell' Universo.

Genova, Aprile 1869.

GEROLAMO BOCCARDO.

PARTE PRIMA

SISMOLOGIA

CAPITOLO I

Svolgimento storico delle Dottrine Sismologiche

Non è se non in un'epoca alla nostra molto vicina, che sui terremoti e sui fenomeni di diverse maniere che accompagnano le scosse e le vibrazioni del suolo si cominciò ad instituire uno studio accurato ed una indagine metodica e positiva. Assai prima di entrare nel dominio delle scienze fondate sulla osservazione, la sismologia fu il prediletto campo di ingegnose ma vane e gratuite ipotesi, architettate da una filosofia la quale, invece di scrutare le leggi che governano il mondo, amava a sua posta foggiare cosmologici sistemi *a priori*.

Senza risalire alle vetuste mitologie Indiane e Mongoliche, nelle quali la terra era ideata riposare sul dorso di un immenso rospo o di un enorme ele-

fante, i cui movimenti producono le scosse del terremoto, ricorderemo come Aristotele, o chi fu autore dell' opera a lui attribuita « Sulle Piante », affermasse che quelle formidabili convulsioni sono l'effetto della espansione di gaz elastici (πνεῦμα) racchiusi nell'interno del nostro globo. Lo stesso concetto trovò in Seneca un eloquente espositore. Egli è (diceva il grande Cordovano nelle sue « Questioni Naturali ») l'imperversare de' sotterranei venti ed il loro vario e tumultuoso agitarsi, ciò che scuote e fa tremare la terra ([1]). Anche l'immortale Plinio ammetteva che i terremoti sono un portato di violente bufere le quali, precipitatesi nelle ìme caverne, ne fanno rimbalzare le pareti coi loro conati per tornare al di fuori ([2]).

L' ipotesi aristotelica continuò a prevalere nel Medio Evo e poi ancora nella grand' epoca del risorgimento delle lettere. Liberto Fromondo, autore di una singolare opera di Meteorologia edita in Anversa nel 1527, dichiara di non aver dubbio sulla causa aeriforme dei terremoti. Tant' è ciò vero (dice egli) che,,quando in quelle catastrofi si

([1]) Dum alterna vis (ventorum in abdito tumultuantium) cursat, et ultro citroque spiritus commeat, terra concutitur. *Natur. Quæst.*, lib. VI. 13.

([2]) Ventos in causa esse non dubium reor. Neque enim unquam intremiscunt terrae nisi sopito mari, coeloque adeo tranquillo ut volatus avium non pendeant, subtracto omni spiritu qui vehit, nec unquam nisi post ventos, condito scilicet in venas et cava ejus occulta flatus. Neque aliud est in terra tremor, quam in nube tonitruum; nec hiatus aliud quam cum fulmen erumpit: *incluso spiritu luctante et ad libertatem exire nitente.* — *Hist. Nat.,* lib. XI. 81.

apre e fende la terrestre superficie, ne esalano pestilenziali miasmi e fuoco e ceneri [1].

L'Italia, paese assai frequentemente visitato dal terribile flagello, è altresì una delle contrade che vantino maggior numero di antichi scrittori sulla materia de' terremoti. Citerò fra' primi Lucio Maggio, gentiluomo bolognese, il quale nel 1571 pubblicò un Dialogo intitolato appunto *Del terremoto*, in cui riscontrasi la più strana mistura di osservazioni esatte e diligenti, di volgari superstizioni e di puerili pregiudizi.

Più notevole assai è un'opera di Francesco Travagini, pubblicata in sullo scorcio del secolo XVII [2]. Il terremoto che diede occasione a questo lavoro, è quello del 6 aprile 1667, che distrusse quasi totalmente la città di Ragusa. Comechè il Travagini non sappia interamente districarsi dalle erronee idee de' suoi contemporanei, la sua opera è pur tuttavolta meritevole dell' attenzione e del plauso del filosofo, pei metodi induttivi e sperimentali, coi quali tratta un argomento per lo innanzi riguardato soltanto siccome tema acconcio alle più inconsulte ed arbitrarie ipotesi. Con somma

[1] Sententiam Aristotelis et verissima est, spiritum subterraneum causam esse terræ motus effectricem. Probatur quia quoties terra pulsu pertunditur aut dehiscit, evolant halitus aliqui, saepe pestilentes, ignis etiam aliquando et cineres: ergo ille fuit qui terram rupit et eam suffodiendo concussit. — *Meteorologicorum Libri sex*, p. 197.

[2] *De Observationibus a se factis tempore ultimorum terraemotuum, ac potissimum Ragusiani, Physica disquisitio, seu giri terrae diurni indicium.* — In 4.° Lug. Bat 1679, e Venet. 1683.

cura egli si adopera a descrivere la direzione delle scosse e quella giusta la quale eran caduti gli edifizii, i movimenti dei corpi sospesi, quali ad esempio le lampade nelle chiese. Precorrendo ai progressi delle scienze moderne, aiuta le sue descrizioni con figure e con dimostrazioni grafiche; e può invero considerarsi siccome il primo pensatore che abbia dato opera a studiare i terremoti con uno spirito veramente scientifico.

Ma il felice impulso di Travagini non fu punto seguìto da' suoi contemporanei. Il celebre inglese Hooke fece una lunga e prolissa esposizione della teoria dei terremoti nel seno della Società Reale di Londra nel 1690, pubblicata poi nel 1705 (1). Ma, utilissima al geologo ed all'erudito, siccome un ampio repertorio di fatti e di osservazioni, la grave compilazione di Hooke, non aggiunse gran che allo scarso tesoro della naturale filosofia sull'argomento dal quale s' intitolava. Lo stesso dicasi di molte altre speculazioni messe fuori su questo soggetto da parecchi geologi e fisici inglesi, negli ultimi anni del secolo XVII, fra i quali giova citare il famoso John Flamsteed, che supponeva nell'atmosfera una materia eterea esplosiva, la cui accidentale infiammazione fosse la causa delle scosse terrestri!

Il francese Amontons (2) cercò di provare che l' aria atmosferica può per l' azione del calore espan-

(1) Hooke, *Posthumous Works*, published by R. Waller 1705, in fol.

(2) *Memoires de l'Académie des Sciences*, 1703.

dersi ad un tal grado di pressione, da riuscire, se racchiusa in qualche terrestre cavità, a produrre gli effetti dei vulcani e dei terremoti.

In un'epoca in cui la Fisica si era recentemente arricchita delle grandi scoperte sulla elettricità, ed in cui prevaleva una generale tendenza a spiegare con questo agente potentissimo, ma in parte ancora arcano, della Natura tutti i fenomeni rimasti fino allora un mistero, egli era bene da prevedersi che sorgerebbe più di una teoria dei terremoti fondata, appunto sulla supposta origine elettrica di queste convulsioni. E tale fu precisamente la tesi propugnata da Stukeley, Percival, Beccaria, Priestley ed altri.

Uno dei più dotti ed autorevoli scritti che, fino a' tempi dai nostri non molto lontani, siano comparsi sulla materia che stiamo disaminando, fu quello del Rev. John Mitchell, Prof. nel Collegio della Regina a Cambridge (1), pubblicato nel 1760. Respingendo le chimeriche relazioni anticamente supposte fra i terremoti, l'aria atmosferica, la luna ecc., e non volendo punto spiegare un mistero con altri misteri, questo Autore mostrava invece l'intima analogia che esiste tra i fenomeni sismici ed i vulcanici, inducendone la grande probabilità che gli uni e gli altri procedano da una identica cagione. Egli studiava minutamente la direzione, la forza, l'amplitudine delle scosse, applicando per la prima volta a questi movimenti terrestri la teoria delle

(1) *Philosophical Transactions*. Vol. LI.

onde; ed ingegnavasi a dimostrare che il motore fondamentale il quale determina così queste vibrazioni come il potere esplosivo dei vulcani, è il vapore d' acqua, prodotto dal contatto di questo liquido con masse terrestri incandescenti.

L' idea che tanto i vulcani quanto i terremoti siano prodotti da infiammazioni ed esplosioni di materie gazose raccolte in profonde cavità terrestri, fu sostenuta eziandio da Bouguer, uno degli Accademici Francesi mandati al Perù per misurare l'arco di meridiano [1].

Nè molto differenti sono le opinioni espresse dal celebre Dolomieu, nella occasione del terremoto delle Calabrie (1783): le acque interiori, dice egli, accresciute da quelle della superficie, precipitate nella immensa fornace, di cui l' Etna è come la grande camminiera, vi si convertirono in vapore di estrema tensione dotato, determinando con la propria espansione le formidabili scosse di quel terremoto [2]. E Sir W. Hamilton, parlando dello stesso memorando fenomeno, conclude che « qualche grande operazione chimica della Natura di specie vulcanica erane senza dubbio stata la causa » [3].

Nè guari differiscono da questi concetti quelli di Bakewell, il quale, dopo avere brevemente ed esattamente descritto i precipui fenomeni che accompagnano le terrestri vibrazioni, indica l' intima connessione che passa tra gli stessi ed i vulcanici;

[1] *Voyage au Perou.*
[2] *Dissertations sur le tremblement de terre des Calabres*
[3] *Philosoph. Transact.* Vol. LXXIII.

e propone, siccome causa degli uni e degli altri, il repentino svolgimento del vapore pel contatto dell'acqua con materie ignee a grandi profondità [1].

Prevaleva frattanto nelle scuole geologiche la celebre teoria delle *Rivoluzioni del Globo*, alla quale aderivano alcuni dei più grandi intelletti che abbiano illustrato la moderna filosofia naturale, Giorgio Cuvier, A. di Humboldt, Leopoldo De Buch, e sovratutto Elia di Beaumont; teoria, secondo la quale il nostro globo, dopo essere passato dallo stato gazoso al liquido, sarebbe ancora, nella età presente, composto di una massa incandescente e fusa, circondata da una sottile crosta solida, attraverso alla quale i vulcani servirebbero come di canali o di valvole di sicurezza, pel passaggio delle materie ignee provenienti dalle parti centrali del pianeta, e le scosse dei terremoti sarebbero l'effetto di straordinarie riazioni di quelle materie contro l'esteriore, solido involucro.

In una originalissima opera pubblicata nel 1855, il signor De Bylandt-Palstercamp [2] dopo avere esposto un sistema cosmogonico fondato sull'azione vulcanica, e desunto da considerazioni, non sempre invero molto salde nè abbastanza coerenti, sulla elettricità e sul magnetismo, consacra una sezione ai terremoti, considerati come effetti dell'azione medesima. Divide le vibrazioni terrestri in tre grandi classi: *verticali* o dirette, *orizzontali* o indirette, e *circolari* o accidentali.

[1] *Introduction to Geology*, Chap. 10 (Edita nel 1813).
[2] *Théorie des volcans*, 3 vol. in 8.° con un Atlante in folio.

Il sommo Dott. Young aveva già per incidenza osservato che le scosse del terremoto sono probabilmente movimenti vibratorii, molto analoghi a quelli del suono [1]; idea la quale fu pur tuttavia per la prima volta formulata in modo preciso dal Gay-Lussac, quando affermò che: « un *terremoto*, è analogo ad un *aeremoto;* è una forte onda sonora, prodotta nella massa della terra da una commozione qualunque, la quale vi si propaga con la stessa velocità con cui vi si propagherebbe il suono. Ciò che reca meraviglia in quel grande e terribile fenomeno della natura, si è l' immensa estensione alla quale fa sentire i flagelli che produce, e la possanza della cagione che fa quindi mestieri attribuirgli. Se non che conviene ricordare la facilità con la quale si possono far vibrare tutte le particelle di una massa solida. L' urto prodotto con la testa di uno spillo ad uno de' capi di un lungo trave, pone in vibrazione tutte le sue fibre, e si trasmette distintamente all'altro capo ad un orecchio attento. Il moto di una vettura sul selciato scuote i più vasti edifici e si comunica attraverso a ragguardevoli masse, come nelle profonde cave di pietra al di sotto di Parigi. Qual meraviglia adunque se una fortissima commozione nelle viscere della terra la fa tremare in un raggio di più centinaia di leghe? Giusta la legge di trasmissione del movimento nei corpi elastici, lo strato estremo non trovando altri strati ai quali trasmettere il suo mo-

(1) *Lectures upon Natural Philosophy.*

vimento, tende a staccarsi dalla massa vibrante, nel modo istesso in cui in una fila di biglie, la prima delle quali sia colpita nel senso dei contatti, l' ultima sola si stacca e prende movimento » [1].

Ho riferito questo squarcio del celebre fisico francese, siccome quello che indica la tendenza veramente positiva e scientifica in cui, abbandonate le antiche temerarie ipotesi, si è finalmente messa la moderna sismologia.

Lungo sarebbe ed inutile enumerare qui tutti i cultori di questa scienza nel secolo nostro. Mi limiterò a ricordare, in Germania, Hoffmann, Kries e sovratutto Von Hoff; i due Professori Rogers, in America; in Inghilterra Scott-Russell, Hopkins, Darwin, Lyell, Poulett-Scrope, e principalmente Roberto Mallet, di cui mi riserbo a fare un più speciale cenno fra breve; Pilla, De Luca, Palmieri, Gemellaro, in Italia; Perrey, in Francia.

Ma si è a quest' ultimo ed al summentovato Mallet, che la scienza va debitrice de' suoi maggiori progressi nella cognizione dei fenomeni relativi ai terremoti; talchè essi possono veramente considerarsi siccome i creatori della odierna sismologia positiva.

Il signor Alessio Perrey, in una serie di memorie, che formano in complesso una voluminosa biblioteca, si è adoperato a raccogliere un prodigioso numero di osservazioni, sia intorno a molti speciali terremoti nell' epoca nostra avvenuti in diverse contrade

[1] *Annales de Chimie.* Vol. XXII, p. 428.

delle varie parti del globo, sia intorno alle leggi generali che dai fatti conosciuti possono dedursi [1].

Più importanti ancora sono quattro lunghi ed elaborati Rapporti del signor Roberto Mallet all'Associazione Britannica pel progresso della scienza [2], nei quali oltre ad un catalogo accurato di ben 6000 terremoti avvenuti nei tempi moderni, trovasi una compiuta e sagacissima discussione dei fatti e delle teorie che a questa classe di naturali fenomeni si riferiscono. Egli è principalmente con l'aiuto delle scoperte di questi due ultimi scrittori, ai quali incontrastato compete il vanto di avere stabilito sopra solide basi questo ramo di storia naturale e di aver renduto ragionevole e legittima la speranza di portarlo quandochessia ad un grado di precisione non inferiore a quello delle parti più avanzate della Fisica del globo, che noi abbiamo trattato la parte sismologica del tema a cui è consacrato il presente volume.

[1] Tra le opere del Perrey sui terremoti, citerò particolarmente la sua *Chronique Seismique*, 9 vol., le sue *Recherches hystoriques sur les tremblements de terre* distribuite in una folla di volumi dei *Comptes Rendus*; e le sue celebri *Propositions sur les Tremblements de terre et les volcans*. — V. altre citazioni da questo autore nel seguente nostro Cap. II.

[2] *Reports on the facts and theories of earthquake — Phoenomena*, nel vol. degli anni 1850-51-54-58 del *Reports of the meetings of the British Association for the advancement of Science*. — Altre importanti Memorie del Dott. Mallet sui terremoti trovansi nelle *Transactions of the R. Irish Academy*.

CAPITOLO II.

CRONOSISMOLOGIA

Cronologia e Statistica dei Terremoti

Nella moltiplicità degli elementi che d'ordinario concorrono a determinare ed a modificare i fenomeni della Natura, non è sperabile che una scienza, la quale si proponga di studiarli, descriverli e spiegarli, possa giungere al desiderato grado di certezza e di perfezione, se prima i cultori di quella disciplina non siansi messi d'accordo sopra un sistema uniforme e metodico di osservazioni. Per assegnare in modo preciso le condizioni in mezzo alle quali il fenomeno si svolge, per indicare la legge o le leggi che lo governano, per innalzarsi alla ricerca delle cause che lo producono, è innanzi tutto necessario osservare la distribuzione dei fenomeni somiglianti, così nell'ordine del tempo come in quello dello spazio. Ogni ramo della Fisica del globo ha la sua Storia e la sua Geografia; ed ei sarà

soltanto quando, sotto questo doppio rispetto, saremo in possesso di cognizioni veramente compiute ed autentiche, che potremo nutrire ragionevole fiducia di scoprire perfettamente i misteri dei quali ama sì di sovente circondarsi la Natura.

Ciò che è stato fatto da gran tempo per l'Astronomia, ciò che si fece poi con tanto successo pel terrestre Magnetismo e ciò che si è da alcuni anni cominciato a fare pei vari rami della Meteorologia propriamente detta, vale a dire, raccogliere, da una parte, in ordinati cataloghi i fenomeni stati osservati nelle epoche anteriori alla nostra, e, dall'altra, coordinare le osservazioni condotte simultaneamente in molte parti del globo, instituendole sopra basi uniformi e sistematiche, dee farsi del pari per la Sismologia, se pur vuolsi che questa nobile disciplina esca finalmente anch'essa dal campo del meraviglioso e delle gratuite ipotesi, per entrare in quello della verace e robusta scienza. Lo studio accurato e diligente dei documenti storici, sparsi in un gran numero di opere, registrati sui monumenti, e spesso usciti dalle potenti mani della Natura medesima, documenti il cui complesso costituisce la Cronologia dei terremoti, può solo soddisfare al primo di questi bisogni. Il secondo verrà ancora più agevolmente appagato, mercè delle contemporanee fatiche di una folla di benemeriti osservatori, sparsi oramai su tutte le regioni del globo, collegate fra loro da innumerevoli linee e gomene telegrafiche.

La Cronologia Sismologica, che noi ci proponiamo di studiare in questo capitolo, si divide per

natura sua in due distinte parti: la prima delle quali ricerca la distribuzione storica dei terremoti nei secoli e nelle grandi epoche, le quali hanno preceduto la nostra; e la seconda indaga la loro distribuzione media nelle diverse stagioni, nei vari mesi dell'anno, e nelle differenti ore del giorno.

§ 1.°

DISTRIBUZIONE STORICA DEI TERREMOTI.

Se pur troppo non abbondassero, da molte altre fonti attinte, le prove della singolare leggerezza con la quale l'umana attenzione suole spesso portarsi sopra i fenomeni della Natura, e della facilità maravigliosa con la quale le succedentisi generazioni perdono la ricordanza dei fatti, anche grandi e straordinari, onde furono testimoni i loro antenati, arduo sarebbe invero lo spiegare la povertà somma delle cognizioni precise ed autentiche intorno ai terremoti anticamente avvenuti, le quali dalle storie ci furono tramandate. Egli è solamente nel corso degli ultimi due secoli, durante i quali la geologia ha preso a considerare quelle formidabili convulsioni siccome connesse con le cause produttrici di altri fenomeni della Fisica del globo, che i cambiamenti da esse determinati sulla superficie del pianeta sonosi cattivati la considerazione e lo studio dei dotti. Per lo innanzi, le narrazioni dello storico si ristringevano quasi esclusivamente al numero, più o meno esagerato, degli esseri umani periti nella catastrofe,

a quello delle città distrutte, ed a certe altre più appariscenti ed eccezionali circostanze, che in alto grado destavano il terrore o la meraviglia degli osservatori. La creazione di un nuovo lago, ben dice il Lyell [1], l'atterramento di una città, o l'emersione di una nuova isola bensì ottennero talvolta un ricordo, siccome troppo ovvii e troppo notevoli avvenimenti, per potere essere passati sotto silenzio. Ma nessuna indagine veniva istituita col proposito di accertare la misura di sollevamento o di depressione dei terreni, o le particolari alterazioni nella relativa posizione della terra e del mare.

Nè soltanto di inesattezza e di levità sono appuntabili le antiche memorie sismiche, ma, ciò che più monta, altresì di enormi lacune. Le scarse conoscenze geografiche, massime prima della grande epoca di Colombo e di Vasco di Gama, le difficili e limitate comunicazioni, il poco o niun interesse che i dotti, viventi nei piccoli appartati centri d'incivilimento, nutrivano pei fatti accaduti in lontane e barbare regioni, facevano sì che un grandissimo numero di terremoti avvenissero, senza che alcuno si assumesse la cura di trasmetterne ai posteri la ricordanza.

Egli è quindi con grande fondamento di ragione che il signor Mallet, dopo avere accennato le cause per le quali nelle sue curve crono-sismiche, destinate a rappresentare graficamente la storia dei

[1] *Principles of Geology.* — Chap. XXVIII — Vol. II, pag. 80, tenth edition, 1868.

terremoti, il numero di questi cresce a misura che dai tempi più remoti risaliamo al secolo nostro, osserva come quelle curve stesse non siano soltanto una storia dei terremoti, ma eziandio una vera storia dei progressi della umana intraprendenza, dei viaggi e della scienza [1]. La grande espansione che assumono quelle curve dopo il secolo XV coincide con l'epoca dell'invenzione della stampa, della Riforma, della scoperta del Nuovo-Mondo e del passo all'Indie pel Capo di Buona Speranza. Laonde in verità noi possiamo affermare che nella Tavola I. posta in fine del presente volume, esaminando la generale curva crono-sismica, il lettore vi troverà riepilogata ad un tempo una legge storica di un grande fenomeno del mondo fisico, ed una altresì degli annali del progresso umano.

In calce al presente capitolo troverà inoltre il lettore una serie di tavole numeriche, nelle quali abbiamo raccolto le più sicure notizie, storiche oggidì possedute intorno alla cronologia dei terremoti, nelle principali contrade del globo [2].

[1] *On the facts and theory of earthquake phoenomena*. IV Report, Vol. pel 1858 del XXVIII°. Congresso dell'Associazione Britannica, pag. 48.

[2] Le Memorie e Note del Sig. Perrey, che ci hanno fornito i principali elementi di quelle Tavole, trovansi nei luoghi seguenti della Collezione dei *Comptes-Rendus hébdomadaires des Seances de l'Académie des Sciences*.

T. XII	pag. 1185-1187	—	21 Juin 1841.
T. XIII	» 899-902	—	2 Nov. 1841.
T. XV.	» 643-646	—	28 Sept. 1842.
T. XVI	» 1283-1303	—	12 Juin 1843.
T. XVII	» 608-625	—	25 Sept. 1843.
T. XVIII	» 393-403	—	11 Mars 1844.

Le notizie storiche pur tuttavolta, che noi possediamo, non ispargono punto uniforme la loro luce sulle diverse epoche, in quanto ha tratto ai fenomeni sismici. In ordine ai periodi che precedettero l'Era Cristiana, non esistono autentici ricordi di terremoti per alcuna porzione della superficie terrestre, salvochè per aree molto circoscritte dell'Europa, dell'Asia, dell'Africa settentrionale e forse (secondo Kaempfer) del Giappone. È fuor di dubbio però che un gran numero di terremoti devono essere accaduti in quelle remote età, senza che siasene serbata la ricordanza. Non è poi assolutamente supponibile che nelle infinitamente più grandi superficie allora sconosciute delle altre parti del mondo, e segnatamente nelle regioni così potentemente vulcaniche dell'America e della Oceania, non siano avvenute grandi convulsioni, tuttochè non rammentate ed anzi non punto avvertite dall'umanità.

Basterà pur tuttavia volgere uno sguardo sulle Tavole cronologiche summentovate, per osservare come il numero dei terremoti accaduti in ogni secolo, sia tanto più grande quanto più moderna è l'epoca di cui si tratta. Questa legge di progressivo incremento della energia sismica, universale per tutte le età abbracciate dalla nostra cronologia, assume poi una evidenza ed una proporzione ecce-

Oltre a varie altre Memorie dallo stesso Autore inserite negli Atti delle Accademie di Dijon, di Angers e del Belgio. È da notare che, pel secolo XIX, il Catalogo di Perrey non arriva che fino al 1850, e quello di Mallet al 1842 *inclusive*.

zionale dopo il secolo XV, e diventa straordinariamente sensibile se paragoniamo la prima metà del secolo XIX con tutte le epoche antecedenti.

Ma che perciò? Diremo forse che le perturbazioni terremotiche sono venute costantemente aumentando di frequenza e d'intensità col procedere dei tempi? Una conclusione siffatta sarebbe in manifesta contraddizione con tutte le analogie fisiche del nostro globo, le quali sembrerebbero doverci condurre piuttosto a supporre che, come tutte le altre violente azioni delle forze naturali, quelle che producono i terremoti, se non rimangono uniformi, tendano ad affievolirsi. Ma, d'altra parte, se questo progressivo affievolimento realmente esistesse, non saprebbesi in qual modo spiegare l'immensa espansione dei risultamenti che la cronologia sismologica ci fornisce nel corso degli ultimi 300 anni. Il risultamento dovuto al crescente numero di osservatori sarebbe più o meno controbilanciato dalla evanescente quantità degli eventi da osservare e da registrare: se, da una parte, la civiltà e le scienze progredite moltiplicherebbero i dati raccolti nelle tavole, dall'altra, i fatti sui quali l'attenzione degli scienziati e degli storici sarebbe chiamata, diventerebbero man mano più rari.

Dalle quali considerazioni sembra emergere molto probabile la conclusione che l'energia sismica ond'è animato il nostro pianeta, distribuita in lunghi periodi di tempo, sia sensibilmente uniforme e costante. Il numero dei terremoti osservati e ricordati dalla storia si fa più grande nelle epoche

nelle quali le indagini scientifiche, la conoscenza del globo terracqueo, e le condizioni generali dell' umano incivilimento sono più in fiore; con queste decresce, indicando così chiaramente che l' elemento *variabile* di questa indagine è tutto *subbiettivo*, e che *obbiettivamente* il fenomeno osservato è sensibilmente *costante*.

Ma se questa uniformità della potenza sismica può riguardarsi come una legge, qualora prendiamo nel suo complesso la lunga ed intera serie dei tempi, noi possediamo però abbondanti riprove che, considerata in più brevi periodi, quella energia soggiace a grandi irregolarità e ad alternanze di violenti parosismi e di lunghi riposi. Il che è quanto dire che non solamente (com' è a tutti noto) i terremoti accadono in certi momenti e non in altri, per ogni dato punto della terra; ma che eziandio prendendo insieme la totale area della osservazione, cioè la superficie intera del globo (in cui non passa forse un solo istante, senza che qualche scossa intervenga), si riconosce esservi epoche nelle quali le convulsioni si manifestano con maggior frequenza ed intensità, che in altre epoche di calma comparativa.

Limitandosi a considerare gli ultimi tre secoli e mezzo, vale a dire dall' anno 1500 al 1850, il signor Mallet ha costrutto una serie di prospetti grafici (di cui io offro alcuni saggi nelle tavole poste in fine al volume) nei quali la curva dei terremoti, dedotta dai dati numerici raccolti nel magnifico catalogo di quel fisico insigne, rivela ad occhio veggente come:

1.°) Mentre il più piccolo intervallo fra due parosismi può essere di uno o due anni, l'intervallo medio è da cinque a dieci anni di riposo comparativo;

2.°) I più brevi intervalli sono in connessione coi periodi di meno numerosi terremoti, non sempre con quelli di minore intensità delle scosse;

3.°) Le alternative di parosisma e di riposo non sembrano seguire una legge assoluta;

4.°) Due notevoli e singolari periodi di estremo parosisma sono osservabili in ogni secolo — l'uno più grande dell'altro — quello del numero e della intensità maggiori occorrente verso la metà di ciascun secolo, e l'altro verso la fine del secolo stesso.

Basta volgere, infatti, uno sguardo sulle curve pubblicate dal Mallet (1), per riconoscere quest'ultima e veramente singolarissima legge: dal cinquantesimo al sessantesimo anno di ciascun secolo, tanto il numero quanto l'intensità dei terremoti subitamente si accrescono; e di bel nuovo durante l'ultimo quarto dei periodi secolari, apparisce un secondo, benchè meno poderoso, parosisma. Entrambi questi punti singolari della curva eccedono

(1) Di queste tavole io non riproduco, per non ingrossare soverchiamente il volume, se non se quelle che si riferiscono al secolo XVIII ed alla prima metà del XIX. Nelle curve crono-sismiche l'ordinata si riferisce all'epoca; le ascisse indicano l'intensità sismica. — Siccome riassunto grafico delle tabelle numeriche costrutte coi dati del Perrey, molto acconcio a parlare agli occhi del lettore, troverà questi eziandio alla fine del volume una rappresentazione grafica della curva della totale energia crono-sismica conosciuta.

straordinariamente il limite medio della energia sismica.

La ricorrenza di tali epoche *critiche* al mezzo ed alla fine della nostra arbitraria suddivisione del tempo in secoli, è, senza alcun dubbio, puramente accidentale, punto non essendo la Fisica del globo soggetta alle regole del Calendario Gregoriano. La sola cosa che in tutto ciò ha una *base cosmica*, è l' intervallo della durata tra un' epoca sismica e la susseguente.

Una importante conclusione pratica adunque che ci è permesso di indurre dalla cronologia sismica, si è la grande probabilità di poter predire due periodi massimi de' terremoti, — uno dei quali più grande e l' altro minore, alternamente —, ricorrenti ad ogni lasso di cent' anni.

Dallo spoglio del suo immenso catalogo, il più volte citato signor Mallet inferisce i seguenti dati numerici intorno alle medie distribuzioni mensili ed annuali nelle varie grandi epoche storiche:

EPOCHE STORICHE	MEDIA MENSILE	MEDIA ANNUALE
2000 a 1000 Av. C.	0. 00033	0. 004
1001 av. C. all' E. C.	0. 0045	0. 054
1 a 1000 d. C.	0. 0185	0. 222
1001 a 1850 d. C.	0. 0345	7. 740
1551 a 1850 d. C.	1. 450	17. 370
1701 a 1850 d. C.	1. 610	35. 310

Laonde, partendo dai dati forniti dalla statistica dei terremoti della prima metà di questo secolo, si avrebbero circa in media 35 terremoti all' anno.

Carlo Lyell calcolando, dal canto suo, il numero medio delle attuali eruzioni vulcaniche, lo porta a 2000 per secolo, ossia a 20 per anno. La notevole coincidenza di questi due dati numerici e le probabili ragioni per le quali il primo, relativo ai terremoti, deve eccedere il secondo, riguardante le eruzioni, saranno, io lo spero, plausibilmente spiegate nel progresso di questo volume.

§ 2.°

DISTRIBUZIONE ANNUALE DEI TERREMOTI.

Le tavole numeriche crono-sismiche raccolte in fondo al presente capitolo mostrano chiaramente come la distribuzione dei terremoti nel periodo annuale non sia punto uniforme. Contrariamente ad una popolare credenza, che attribuisce all' estate una prevalenza sismica sulle altre stagioni, tutte le osservazioni di Mallet, di Perrey, di Marian, di Volger ed altri provano manifestamente che i mesi componenti l' autunno e l' inverno hanno, e di gran lunga, il triste privilegio di presentare un numero di terremoti molto maggiore di quello dei mesi formanti la primavera e l' estate. È stato notato [1] come il periodo dell' anno in cui l' azione

[1] V. Milne, *On the british earthquakes*, nell' *Edinburgh Philosophical Journal*, Vol. XXXI-XXXVI.

sismica è al suo massimo, sia quello stesso nel quale l' attuale altezza della colonna barometrica è al suo minimo, ed in cui è più grande la scala delle oscillazioni della colonna medesima. Considerando l' enorme totale effetto che l' aumento o la diminuzione della pressione barometrica esercita su vaste aree di superficie, il signor Davide Milne attribuisce a questa cagione la principale e quasi l' unica efficacia nella distribuzione e produzione dei terremoti. Probabilmente il dotto fisico inglese sarebbe stato più nel vero, se si fosse limitato ad affermare che la mentovata cagione *può avere* una notevole influenza sul fenomeno di cui trattasi, essendo meccanicamente indubitato che allorquando la pressione atmosferica diminuisce sopra una data parte del globo in una forte proporzione, qualunque forza che dal centro alla periferia solleciti quella porzione della terrestre superficie, incontrandovi una minore resistenza, deve necessariamente determinarvi un effetto meccanico più considerevole.

In una delle tavole poste in calce al volume rappresentiamo le curve della energia sismica mensile, risultante dalle osservazioni di ben trentadue secoli raccolte da Mallet. In quella tavola i due emisferi, boreale ed australe, sono separati, perchè, mentre pel primo si potevano considerare 5879 accertate osservazioni, non se ne avevano che 223 pel secondo; e non sarebbe quindi stato logico l' equiparare valori dedotti da così disparati elementi.

Esaminando i risultamenti relativi alla distribuzione annuale dei terremoti, si osserva che nel-

l'emisfero boreale il minimo parosismico cade in Luglio, e nell'australe in Marzo. La durata di questo minimo, nel primo, si estende, con lieve fluttuazione, su circa due mesi, sebbene repentinamente si rialzi: mentre nel secondo è più rapidamente raggiunto e del pari subitamente abbandonato, estendendosi sopra meno di un mese.

Se noi assumiamo Maggio e Giugno come un altro minimo nell'emisfero boreale, noi ne abbiamo un terzo, ma molto meno basso in Settembre — e, corrispondente, uno in Agosto nell'australe.

Il massimo parosismico annuale è, per l'emisfero settentrionale, in Gennaio, e, pel Meridionale, in Novembre.

Agosto e Ottobre dànno due massimi secondari nell'emisfero boreale; e Gennaio e Maggio nell'australe.

Discutendo i fatti relativi alla periodicità dei terremoti, il signor Perrey crede di poter affermare che il numero di siffatte convulsioni è maggiore nell'epoca dei Perigei che in quella degli Apogei, e questo autore dà per le due epoche rispettivamente i valori numerici di 47: 39 (1).

L'osservazione dello stesso Perrey, che i terremoti sono più frequenti nell'epoca delle Sisigie che in quella delle Quadrature, o più quando la luna è

(1) *Mémoires de l'Académie des Sciences de Dijon*, 1848-1849 part. des Sciences, pag. 105 e seg. Vedi anche nei *Comptes-Rendus des Séances de l'Acad. des Sciences*, tom. XXXVIII, 12 Juin 1854 una relazione di Liouville, Lamé ed Elia di Beaumont.

presso al meridiano che quando trovasi a 90 gradi da esso, era già stata enunciata fin dal 1737 da Giorgio Baglivi [1] e da Giuseppe Toaldo [2] nel 1770. Un altro fisico italiano, Zantedeschi [3] enunciò l' idea della probabile esistenza di una *marea terrestre,* simile in tutto alla marea marittima, in virtù della quale la massa solida della crosta terrestre ed il suo supposto nucleo liquido o semi-liquido si muovono, come le acque, benchè con proporzione minore, seguendo la periodica azione attrattiva del sole e della luna. Noi lasceremo all' astronomia fisica la cura di determinare se e fino a qual limite sia possibile questo alterno cambiamento di forma del terrestre sferoide, prodotto da quelle stesse forze che producono il flusso ed il riflusso oceanico. Ma, ammettendo anche l' esistenza di questa marea terrestre, e dato che il cambiamento di livello conseguente sopra un punto qualunque della superficie terrestre ammonti a qualche decimetro, egli è arduo ancora il concepire come un tale fenomeno possa essere causa *diretta ed immediata* di terremoti. Siffatto periodico cambiamento di forma, quando pure fosse provato che avvenga, non sarebbe che affatto insensibile e trascurabile, paragonato con la massa totale della terra; talchè le flessioni e le deformazioni da esso prodotte nella solida crosta del pianeta sarebbero comprese entro gli ordinari

[1] *Historia Romani Terræ-Motus anni* 1703.
[2] *Della vera influenza degli Astri.*
[3] *Comptes-rendus des Séances de l'Acad. des Sciences.* 2 Aout 1854.

limiti della sua elasticità, nè potrebbero dar luogo alle fratture ed alle dislocazioni che d'ordinario accompagnano i terremoti.

Checchè di ciò sia, nello stato attuale delle cognizioni nostre, o piuttosto della nostra ignoranza, intorno alle misteriose relazioni tra l'interna massa del nostro pianeta con le forze cosmiche le quali agiscono sopra di lui, nessuna ipotesi, purchè fondata sopra fatti e considerazioni non assolutamente appuntabili di errore, la quale tenda a spargere qualche luce su questi oscuri e formidabili problemi, deve essere disprezzata dal filosofo.

Egli è appunto per ciò che reputiamo opportuno di riferire qui un'altra opinione che riannetterebbe la periodicità dei terremoti ad un ordine di fenomeni forse ancora più remoti di quelli ricordati di sopra.

Schwabe osservò nel 1852 che le macchie solari alternativamente aumentano e diminuiscono nel corso di ogni periodo di dieci anni; ed il Generale Sabine fece notare che questa variabile oscurazione del sole coincide in tempo, tanto nel suo massimo quanto nel suo minimo, con cambiamenti in tutte quelle variazioni del magnetismo terrestre le quali dal sole sono cagionate. D'onde egli inferisce che, il periodo dell'alterazione nelle macchie solari è un *periodo solare magnetico* (1). Or bene, secondo il

(1) V. Lyell, *Principles of Geology*, tom. I, pag. 303. e tom. II, pag. 230, X.a ediz. — Sabine, *Magnetic and Meteoric Observations made at Toronto*. Introduct. pag. 9.

Dottor Winglow [1], questo periodo sarebbe del pari connesso intimamente con le variazioni sismologiche della terra, talchè i grandi parosismi terremotici coinciderebbero ad un tempo e con le periodiche perturbazioni magnetiche del nostro globo e con le grandi rivoluzioni della costituzione fisica del sole.

Senza insistere per ora più lungamente sopra speculazioni sulle quali dovremo più lungamente trattenerci negli ultimi due Capitoli di questo volume, e le quali, se meritavano di essere ricordate in una monografia qual'è la presente, non possono però servire finora di sicura base ad un sistema veramente scientifico, è però, dopo molte e ripetute osservazioni, fuori di dubbio che l'energia sismica soggiace ad alcune leggi di periodica variazione.

Oltre a quella, in virtù della quale nei mesi di autunno e d'inverno la possa di questa energia è maggiore che nei mesi di primavera e di estate, possiamo indicarne un'altra, mercè di cui le curve sismiche annuali presentano un primo notevole massimo presso al solstizio invernale, ed un secondo massimo, benchè meno pronunziato nell'equinozio d'autunno; non che due minimi, l'uno, più deciso, presso al solstizio di estate, e l'altro, meno appariscente, nell'equinozio di primavera.

Nella maggior parte dei grandi fenomeni della Fisica del Globo si osserva che, nel periodo diurno, la notte tiene comparativamente il posto che, nel periodo annuo, occupa l'inverno, e che reciproca-

[1] *On the causes of Tides, Earthquakes, Rising of Continentes and Variations of Magnetic Forces.*

mente il giorno è, a così dire, l' estate del periodo diurno medesimo. Così, in quella guisa stessa che nella stagione invernale si osservano più che nella estiva frequenti i terremoti, fu notato del pari che le scosse fannosi più spesso sentire di notte che di giorno. In Isvizzera, su 502 terremoti, dei quali sono conosciute la data e l' ora, 182 solamente si verificarono dalle 6 ore del mattino alle 6 ore della sera; nell' atto che 320 (vale a dire quasi il doppio) furono segnalati nelle successive ore notturne ([1]).

Chiuderemo questo capitolo con una considerazione, che si presenta spontanea alla mente, e sulla quale dovremo più di proposito ritornare nel procedimento di questi nostri studi, massime là dove cercheremo d'indagare le probabili cause tanto dei terremoti quanto delle eruzioni vulcaniche ([2]). Poichè le oscillazioni delle scosse terrestri presentano relazioni così regolari con l' andamento delle stagioni e persino delle ore, non è egli infinitamente più probabile che dipendano da quelle forze medesime (per la massima parte esteriori alla massa solida della terra) che modificano le condizioni del periodo annuo e del periodo diurno, anzichè dalla esistenza di un supposto oceano interno di fuoco? I terremoti, che una celebre scuola di geologi spiega con l' ipotesi delle arcane tempeste di una immaginaria massa centrale incandescente, non si riannettono essi invece, come ben dice Otto Volger, al complesso delle leggi

([1]) E. Reclus, *La Terre.* Vol. 1, pag. 747.

([2]) V. *infra* Cap. V di questa Parte I, e Cap. VI e VII della Parte II.

che regolano il ritorno della luce e delle tenebre, del calore e del freddo, della pioggia e della neve, della siccità e delle acque correnti?

Contentiamoci per ora di enunciare il quesito. La risposta, alla cui aspettazione ci dànno già qualche diritto le cose dette di sopra, emergerà, speriamo, più chiara e limpida dalle successive indagini che stiamo per intraprendere.

TAVOLA I. — Terremoti della Penisola Scandinavica e dell' Islanda.

SECOLO	CON DATA DEL MESE O DEL GIORNO												CON DATA DELLA SOLA STAGIONE		CON DATA DEL-L'ANNO SOLTANTO	TOTALE
	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBR.	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE	INVERNO ED AUTUNNO	PRIMAVERA ED ESTATE		
XII al XVII.	3	2	1	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19	28
XVIII . . .	13	7	9	5	7	4	9	5	8	7	8	11	2	3	13	111
XIX	17	11	11	7	7	6	8	8	10	10	11	6	—	1	—	113
TOTALE. .	33	20	21	13	16	10	17	13	18	17	19	17	2	4	32	252
	INVERNO 74			PRIMAVERA 39			ESTATE 48			AUTUNNO 53						

TAVOLA II. — Terremoti delle Isole Britanniche.

SECOLO	CON DATA DEL MESE												CON DATA DEL-L'ANNO SOLTANTO	TOTALE
	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBR.	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE		
XI	—	—	2	2	1	—	—	1	—	—	1	—	1	8
XII	1	—	—	1	—	—	—	1	2	—	—	2	4	11
XIII	2	1	—	—	1	1	—	—	1	—	—	2	6	14
XIV	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	1	—	1	4
XV	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1
XVI	1	2	—	1	2	—	—	1	—	—	—	1	—	8
XVII	3	—	—	—	—	1	—	—	2	3	1	2	2	14
XVIII	5	4	7	5	3	2	3	5	6	6	8	8	1	63
XIX	9	9	10	7	8	6	5	11	12	8	11	12	2	110
TOTALE	21	16	19	16	16	10	9	19	24	17	22	27	17	233
	INVERNO 56			PRIMAVERA 42			ESTATE 52			AUTUNNO 66				

TAVOLA III. — Terremoti della Penisola Iberica.

SECOLO	CON DATA DEL MESE O DEL GIORNO												CON DATA DEL-L'ANNO SOLTANTO	TOTALE
	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMPR.	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE		
XI	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	3
XII	1	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	4
XIII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	2	3
XIV	1	—	3	—	1	—	—	—	—	—	—	—	3	8
XV	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	3	4
XVI	2	—	—	1	—	—	3	—	—	1	—	—	3	10
XVII	—	—	—	—	—	2	—	2	1	2	1	1	1	10
XVIII	11	8	7	8	4	6	4	9	3	9	13	8	3	93
XIX	10	5	6	7	4	6	11	5	8	11	7	5	—	85
TOTALE	25	14	16	18	9	14	18	16	12	23	22	14	19	220
	INVERNO 55			PRIMAVERA 41			ESTATE 46			AUTUNNO 59				

TAVOLA IV. — Terremoti di Francia, Olanda e Belgio.

SECOLO	CON DATA DEL MESE O DEL GIORNO												CON DATA DELLA SOLA STAGIONE		CON DATA DEL-L'ANNO SOLT.°	TOTALE
	GENN.	FEBBR.	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETT.	OTTOB.	NOVEM.	DICEM.	INVER. ED AUTUN.	PRIMA-VERA ED ESTATE		
IV.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1
VI.	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	3	6
VII.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VIII.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
IX.	4	2	1	2	—	—	—	—	3	1	—	4	3	—	1	21
X.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2
XI.	—	1	2	—	2	—	2	—	1	3	2	1	—	—	2	16
XII.	3	—	1	2	2	1	—	1	—	—	—	1	—	—	1	12
XIII.	1	1	1	—	—	1	1	—	1	—	—	1	—	—	2	9
XIV.	1	1	1	1	2	1	1	—	2	1	2	1	1	1	6	22
XV.	—	1	—	2	—	1	1	2	1	—	3	1	1	1	7	21
XVI.	7	6	5	4	5	2	3	2	6	4	2	5	3	—	7	61
XVII.	13	15	4	4	7	3	7	3	8	4	6	11	—	—	6	91
XVIII.	26	20	17	26	11	18	17	15	13	18	23	28	1	—	4	237
XIX.	27	17	21	13	13	8	15	17	15	17	21	25	1	—	1	211
TOTALE	83	64	53	55	42	36	47	40	50	48	60	79	10	2	41	710
	INVERNO 200			PRIMAVERA 133			ESTATE 137			AUTUNNO 187						

TAVOLA V. — Terremoti del Bacino del Rodano.

SECOLO	CON DATA DEL MESE O DEL GIORNO												CON DATA DELL'ANNO SOLTANTO	TOTALE
	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE		
XVI.	1	—	1	—	2	1	—	—	3	—	—	1	1	10
XVII	6	3	1	1	3	3	—	1	6	1	—	2	2	29
XVIII	7	5	6	6	3	5	7	4	4	8	6	7	3	71
XIX.	12	12	8	3	3	2	2	4	6	6	8	14	1	81
TOTALE	26	20	16	10	11	11	9	9	19	15	14	24	7	191
	INVERNO 62			PRIMAVERA 32			ESTATE 37			AUTUNNO 53				

TAVOLA VI. — Terremoti del Bacino del Reno e della Svizzera.

SECOLO	CON DATA DEL MESE O DEL GIORNO												CON DATA DELLA SOLA STAGIONE		CON DATA DEL-L'ANNO SOLTANTO	TOTALE
	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBR.	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE	AUTUNNO ED INVERNO	PRIMAVER. ED ESTATE		
IX.	3	2	1	2	—	1	—	—	1	1	—	5	1	—	2	19
X.	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2
XI.	—	2	1	—		—	—	—	—	1	—	1	—	—	2	9
XII.	2	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	5	8
XIII.	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	3
XIV.	1	1	3	1	3	2	1	—	2	1	1	—	1	—	1	18
XV.	—	1	1	1	1	1	1	1	—	—	3	2	—	—	—	12
XVI.	4	5	4	5	3	2	2	2	6	3	5	6	—	—	5	52
XVII.	21	14	11	6	10	5	8	6	9	4	8	12	—	—	6	120
XVIII.	15	12	10	9	6	12	11	10	8	9	17	20	—	—	2	141
XIX.	15	17	13	12	11	6	12	11	10	17	24	25	—	—	—	173
TOTALE.	62	54	44	37	36	30	35	30	36	36	58	71	2	1	25	557
	INVERNO 160			PRIMAVERA 103			ESTATE 101			AUTUNNO 165						

TAVOLA VII. — Terremoti del Bacino del Danubio.

SECOLO	CON DATA DEL MESE O DEL GIORNO												CON DATA DELLA SOLA STAGIONE		CON DATA DEL-L'ANNO SOLTANTO	TOTALE
	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBR.	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE	INVERNO ED AUTUNNO	PRIMAVER. ED ESTATE		
V a XV . .	1	1	—	—	2	1	1	1	1	—	—	—	—	—	11	19
XVI. . . .	3	1	—	—	3	4	1	1	3	—	1	1	1	—	16	35
XVII . . .	2	4	1	—	—	1	2	3	—	—	2	5	—	—	11	31
XVIII . . .	11	10	4	8	8	5	6	9	1	7	5	8	2	—	4	88
XIX. . . .	14	15	9	8	12	8	16	11	11	16	10	12	1	1	1	145
TOTALE. .	31	31	14	16	25	19	26	25	16	23	18	26	4	1	43	318
	INVERNO 76			PRIMAVERA 60			ESTATE 67			AUTUNNO 67						

TAVOLA VIII. — Terremoti della Penisola e delle Isole Italiane.

SECOLO	CON DATA DEL MESE O DEL GIORNO												CON DATA DELLA SOLA STAGIONE		CON DATA DEL-L'ANNO SOLT.°	TOTALE
	GENN.	FEBBR.	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETT.	OTTOB.	NOVEM.	DICEM.	AUTUN. ED INVER.	PRIMAVERA ED ESTATE		
IV.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	6
V.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	4	5
VI.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	1	3
VII	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1
VIII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2
IX	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	3	6
X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	3
XI	1	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	7
XII	2	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	1	—	12	18
XIII	1	—	—	2	1	—	—	—	1	—	1	1	—	—	8	15
XIV	3	1	—	—	1	1	—	—	3	—	2	3	—	—	6	20
XV	—	1	1	—	1	—	—	1	—	1	—	6	—	—	7	18
XVI	2	—	1	1	3	1	1	1	2	—	2	2	1	—	15	32
XVII	10	15	14	15	4	13	8	7	10	4	6	3	2	1	9	121
XVIII	45	41	43	29	38	46	21	31	24	44	31	30	2	1	12	438
XIX	37	39	38	35	32	24	33	36	23	41	22	29	—	—	1	390
TOTALE	101	99	98	84	80	86	63	77	63	92	64	77	7	2	92	1085
	INVERNO 298			PRIMAVERA 250			ESTATE 203			AUTUNNO 233						

TAVOLA IX. — Terremoti dell'Algeria e dell'Africa Settentrionale.

CON DATA DEL MESE												CON DATA DELL'ANNO SOLTANTO	TOTALE
GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE		
5	2	6	7	3	2	2	5	1	4	8	1	17	63
INVERNO 13			**PRIMAVERA** 12			**ESTATE** 8			**AUTUNNO** 13				

TAVOLA X. — Terremoti della regione Turco-Ellenica, della Siria e dell' Arcipelago.

SECOLO	CON DATA DEL MESE O DEL GIORNO												CON DATA DELLA SOLA STAGIONE		CON DATA DEL-L'ANNO SOLT.°	TOTALE
	GENN.	FEBBR.	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETT.	OTTOB.	NOVEM.	DICEM.	AUTUN. ED INVER.	PRIMA-VERA ED ESTATE		
IV.	—	—	—	—	—	—	1	1	—	1	—	1	3	1	15	23
V.	1	—	1	3	—	1	—	—	3	—	1	—	—	—	9	19
VI.	1	1	—	1	1	—	2	2	2	3	2	2	—	—	10	27
VII.	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	6	8
VIII.	2	2	1	1	1	—	—	—	—	1	—	—	—	1	3	12
IX.	1	—	—	—	1	—	—	2	—	—	—	—	1	—	2	7
X.	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	1	—	—	—	—	5
XI.	1	2	1	—	—	1	—	1	1	—	1	3	—	—	7	18
XII.	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	2	—	—	19	23
XIII.	—	—	1	—	1	1	—	—	—	—	—	1	—	—	9	13
XIV.	—	1	1	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	1	3	8
XV.	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	7	11
XVI.	—	—	2	—	2	1	—	—	1	—	1	1	—	—	14	22
XVII.	3	1	3	4	4	1	6	2	5	1	5	1	—	—	17	53
XVIII.	9	8	5	9	10	13	12	8	11	8	9	8	2	—	12	124
XIX.	22	20	16	10	16	15	14	22	14	17	12	14	2	2	1	197
TOTALE.	40	35	31	30	37	35	35	40	40	34	33	33	8	5	134	570
	INVERNO 106			PRIMAVERA 102			ESTATE 115			AUTUNNO 103						

TAVOLA XI. — Terremoti degli Stati Uniti e del Canadà.

SECOLO	Con data del mese o del giorno												Con data dell'anno soltanto	Totale
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre		
XVII	3	1	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	4	10
XVIII	7	9	9	3	3	3	6	8	5	7	12	12	6	90
XIX	4	4	3	3	3	—	4	6	3	2	7	5	5	49
Totale	14	14	12	6	6	4	10	14	8	10	19	17	15	149
	Inverno 40			Primavera 16			Estate 32			Autunno 46				

TAVOLA XII. — Terremoti del Messico e dell' America Centrale.

SECOLO	CON DATA DEL MESE O DEL GIORNO												CON DATA DELL ANNO SOLTANTO	TOTALE
	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE		
XVI.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	5	6
XVII	—	1	2	—	—	—	—	—	—	1	—	—	3	7
XVIII	—	2	4	3	—	3	2	1	3	—	—	—	6	24
XIX.	3	2	2	2	6	2	2	1	1	3	2	3	1	30
TOTALE	3	5	8	5	6	5	4	2	4	4	3	3	15	67
	INVERNO 16			PRIMAVERA 16			ESTATE 10			AUTUNNO 10				

TAVOLA XIII. — Terremoti delle Antille.

SECOLO	CON DATA DEL MESE O DEL GIORNO												CON DATA DELLA SOLA STAGIONE		CON DATA DELL'ANNO SOLTANTO	TOTALE
	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE	INVERNO ED AUTUNNO	PRIMAVERA ED ESTATE		
XVI	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1
XVII . . .	—	1	1	1	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	10	16
XVIII . . .	6	7	3	4	3	5	10	7	9	10	5	3	—	—	13	85
XIX	9	8	19	12	12	10	9	16	12	10	13	12	1	—	2	145
TOTALE. .	15	16	23	17	16	16	20	23	22	20	18	15	1	—	25	247
	INVERNO 54			PRIMAVERA 49			ESTATE 65			AUTUNNO 53						

TAVOLA XIV. — Terremoti di Cuba.

SECOLO	CON DATA DEL MESE O DEL GIORNO												CON DATA DELL'ANNO SOLTANTO	TOTALE
	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE		
XVI.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	4
XVII	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4
XVIII	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2
XIX.	4	3	2	3	3	4	5	2	6	5	6	4	3	50
TOTALE	4	7	2	3	3	4	5	2	6	5	6	4	9	60
	INVERNO 13			PRIMAVERA 10			ESTATE 13			AUTUNNO 15				

TAVOLA XV. — Terremoti del Chilì e del Bacino della Plata.

SECOLO	CON DATA DEL MESE O DEL GIORNO												CON DATA DELL'ANNO SOLTANTO	TOTALE
	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE		
XVI.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	4	5
XVII	—	1	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	6	9
XVIII	1	1	1	—	1	1	—	1	—	—	—	1	3	10
XIX.	14	10	14	8	19	11	16	15	16	9	27	8	3	170
TOTALE	15	12	16	8	21	12	16	16	16	10	27	9	16	194
	INVERNO 43			PRIMAVERA 41			ESTATE 48			AUTUNNO 46				

TAVOLA XVI. — Riassunto dei Terremoti d'Europa e delle parti a lei adiacenti di Asia e di Africa, dall'anno 306 all'anno 1843 dell'E. C.

SECOLO	CON DATA DEL MESE O DEL GIORNO												CON DATA DELLA SOLA STAGIONE		CON DATA DELL'ANNO SOLT.°	TOTALE
	GENN.	FEBBR.	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETT.	OTTOB.	NOVEM.	DICEM.	INVER. ED AUTUN.	PRIMAVERA ED ESTATE		
IV.	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	2	3	1	12	20
V.	1	—	—	3	—	2	1	—	2	—	2	—	3	—	11	25
VI.	—	1	—	2	2	1	2	1	2	3	2	3	1	—	11	31
VII	—	—	—	1	—	1	—	2	—	—	—	—	—	—	6	10
VIII	2	2	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	3	11
IX	4	2	—	1	1	1	—	1	2	2	—	6	5	1	10	36
X.	1	—	1	1	—	—	—	—	1	2	1	1	1	—	8	17
XI	1	4	5	1	2	1	2	2	4	3	3	3	1	—	19	51
XII	8	2	2	3	3	2	—	3	3	—	1	4	3	—	34	68
XIII	3	2	3	1	5	—	2	—	1	—	2	5	4	—	27	55
XIV	1	1	3	—	3	4	3	2	4	3	4	4	2	2	22	58
XV	—	1	1	1	2	2	2	2	1	2	2	7	—	1	17	41
XVI	10	5	6	8	10	4	2	3	9	3	6	10	3	—	31	110
XVII	21	16	15	13	6	9	10	3	14	3	10	17	1	1	41	180
XVIII	77	53	45	52	36	49	49	49	32	62	55	62	14	4	21	660
XIX	99	100	90	59	55	55	74	78	72	92	60	78	6	1	6	925
TOTALE	228	189	172	147	126	131	148	146	147	176	148	202	48	11	279	2298

INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
589	404	441	526

TAVOLA XVII. — Terremoti della regione boreale dell' Europa (a N. dei Carpati, del Mar Nero, del Caucaso e del Caspio).

SECOLO	CON DATA DEL MESE O DEL GIORNO												CON DATA DELLA SOLA STAGIONE		CON DATA DELL'ANNO SOLTANTO	TOTALE
	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBR.	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE	INVERNO ED AUTUNNO	PRIMAVER. ED ESTATE		
XIII a XVI.	2	1	1	1	3	2	1	2	1	—	1	—	—	2	8	25
XVII . . .	3	5	—	1	—	—	—	1	1	—	2	2	—	—	4	19
XVIII . . .	10	7	4	4	4	1	2	5	4	4	3	5	1	—	—	54
XIX	12	5	4	5	6	3	2	4	2	9	7	6	—	—	—	65
TOTALE. .	27	18	9	11	13	6	5	12	8	13	13	13	1	2	12	163
	INVERNO 54			PRIMAVERA 30			ESTATE 25			AUTUNNO 39						

TAVOLA XVIII. — Terremoti della regione boreale di Asia

(a N. del Caspio e del deserto di Gobi).

SECOLO	CON DATA DEL MESE O DEL GIORNO												CON DATA DELLA SOLA STAGIONE		CON DATA DELL'ANNO SOLTANTO	TOTALE
	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE	INVERNO ED AUTUNNO	PRIMAVERA ED ESTATE		
XVIII . . .	3	6	2	1	1	—	1	2	2	2	1	3	1	—	7	32
XIX	4	6	6	4	4	3	5	7	6	3	4	5	—	—	—	57
TOTALE . .	7	12	8	5	5	3	6	9	8	5	5	8	1	—	7	89
	INVERNO 27			PRIMAVERA 13			ESTATE 23			AUTUNNO 18						

TAVOLA XIX. — Terremoti delle regioni boreali d'Europa e di Asia insieme (dal fiume Elba a ponente all'estremità del Kamsciakà ad oriente, e a nord dei Carpati, del Mar Nero, del Caspio e del deserto di Gobi).

SECOLO	CON DATA DEL MESE O DEL GIORNO												CON DATA DELLA SOLA STAGIONE		CON DATA DEL-L'ANNO SOLTANTO	TOTALE
	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBR.	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE	INVERNO ED AUTUNNO	PRIMAVER. ED AUTUNNO		
VIII al XVI.	2	1	1	1	3	2	1	2	1	—	1	—	—	2	8	25
XVII . . .	3	5	—	1	1	—	—	1	1	—	2	2	—	—	4	20
XVIII . . .	13	13	6	5	5	1	3	7	6	6	4	8	2	—	7	86
XIX. . . .	16	11	10	9	10	6	7	11	8	12	11	11	—	—	—	122
TOTALE. .	34	30	17	16	19	9	11	21	16	18	18	21	2	2	19	253
	INVERNO 81			PRIMAVERA 44			ESTATE 48			AUTUNNO 57						

CAPITOLO III.

GEOSISMOLOGIA

Geografia dei Terremoti.

Considerata la distribuzione dei terremoti nell' ordine del Tempo, volgiamoci ora a studiarla nell' ordine dello Spazio. — E prima di tutto, è essa legittima e razionale la ricerca di una o più leggi geosismiche? — È questa una domanda alla quale è necessario dare risposta innanzi di procedere a qualunque indagine di siffatta natura; poichè, se fosse dalla osservazione provato che le vibrazioni terremotiche accadono indifferentemente qua e là sulla superficie terrestre, senza alcuna apparente o reale connessione fra loro; se non fosse possibile assegnare, sulla faccia del nostro pianeta, certe regioni, nelle quali le scosse sono più o meno frequenti che in altre regioni, e nelle quali le scosse hanno certe determinate relazioni con quelle di altre regioni più o meno lontane, qualunque ricerca tendente a tracciare una geografia dei terremoti sarebbe

a priori condannata, come opera essenzialmente inutile e vana.

Fortunatamente, lo stato attuale della scienza ci permette di affermare che la connessione, alla quale alludiamo, esiste realmente, e che se non tutte ancora si conoscono le leggi che presiedono a questo ramo della Fisica del globo, è però già possibile di assegnarne alcune, con un grado di certezza non punto minore di quello col quale questa nobile disciplina è riuscita a formulare le leggi che governano, per esempio, le correnti marine o quelle dei cicloni.

Ricordiamo di questa grande verità alcune prove. — Tuttochè la Svezia e la Norvegia siano molto più prossime alle isole Britanniche, anzichè all'Islanda, là perduta in mezzo alle brume dell'Atlantico, egli è un fatto pur nondimeno accertato che giammai non accade convulsione sismica o vulcanica in quella remota isola di ghiaccio e di fuoco, senza che nelle terre Scandinaviche avvenga contemporaneamente od a poca distanza di tempo una qualche commozione del suolo; nell'atto che invece i terremoti di queste regioni sono affatto indipendenti da quelli delle terre, pur sì vicine, di Gran-Bretagna e d'Irlanda. La Scandinavia, che si va perennemente sollevando, nella ragione di un metro circa per ogni secolo, sul livello dei mari circostanti, spende forse (mi sia permessa la volgare, ma espressiva locuzione) sotto questa forma di lento sollevamento, quella potenza od energia sismica, che l'Islanda, col suo possente Ecla, co' suoi cento vulcani, co' suoi Geysers, prodiga sotto una

forma dinamica più rapida e più violenta. E forse se l'interna fornace, alla quale sovrastanno le due vaste regioni, non comunicasse con l'atmosfera per mezzo delle tante vulcaniche valvole Islandesi, chi sa se il distruttivo potere dei terremoti non si manifesterebbe con molto maggiore intensità ed estensione nella più vasta e più settentrionale penisola dell'Europa.

Un altro fatto di un ordine ancora più generale, si è che le medie direzioni di propagazione delle scosse sono sempre quelle dell'asse delle catene montane, o quelle della lunghezza dei fiumi e delle valli. È raro, rarissimo il caso che le vibrazioni terremotiche si trasmettano attraverso una grande catena di montagne, tragittando da uno all'altro dei loro pioventi; mentre è invece frequentissima, anzi ordinaria la contingenza che si propaghino lungo le catene medesime, o lungo i *thalwegs*, i compluvii delle loro acque. Si direbbe che i materiali solidi della terra sono meno discontinui e meno dispersi, ossia più connessi e più omogenei in queste direzioni, che non in quelle trasversali alle catene ed alle valli. Non voglio già affermare che non vi siano eccezioni a questa legge; ma esprimo un fatto, che risulta oramai dalle più accurate e ripetute indagini dei sismologi.

Non meno dimostrato e di un ordine più generale ancora dei precedenti è un altro principio d'induzione sismologica: che, cioè, quando una regione, come l'Italia, il Messico, l'America Centrale, l'Arcipelago della Sonda ed altre, giace im-

mediatamente sopra un grande centro vulcanico, le cui pulsazioni raggiungono la superficie con angoli molto aperti all'orizzonte, i suoi terremoti presentano componenti orizzontali in ogni azimut, ed è quindi sopramodo difficile allora assegnarne la direzione media generale, nell'atto che invece facilissimo è il determinare questa direzione medesima nelle contrade che, come l'Inghilterra, come la grande vallata del Mississipì, come l'Asia Centrale, non sovraincombono immediatamente a poderosi centri vulcanici.

Questi fenomeni o teoremi sismologici, come meglio piaccia chiamarli, ed altri simiglianti che or ora ci faremo ad esporre, bastano, a creder nostro, a mostrare come sia oramai possibile la costruzione di una mappa indicante la geografia dei terremoti, e come questa parte della Fisica del globo abbia diritto a quello stesso grado di scientifica determinazione che, in due ordini completamente diversi di fatti, possiedono e la geografia degli uragani e quella delle piante, e la quale essa pure avrebbe infallibilmente raggiunto se, al pari di queste altre discipline, fosse anche a lei toccata la fortuna di cattivarsi la potente attenzione di un grand' uomo, come Humboldt, Herschell o Maury [1].

Procediamo ora a descrivere rapidamente ed a larghi tratti, come in un lavoro dell'indole del

[1] Il primo saggio abbastanza serio di Geografia Sismologica è stato fatto da Berghaus di Berlino, il quale consacrò la mappa Num. 7 della parte geologica del suo bell'*Atlante Fisico* allè manifestazioni sismiche e vulcaniche. — Il ten-

presente nostro conviensi, i grandi lineamenti della Geografia Sismologica. Il lettore già famigliare con le fondamentali nozioni della Fisica del globo, e quegli segnatamente che avrà presente la esposizione ch' io medesimo ho fatta della Geografia dei Vulcani nella XXIII lezione del mio Corso di questa Scienza, osserverà, senza dubbio, le intime, costanti relazioni che la carta dei Terremoti, che io offro in calce al presente volume, presenta con quella dei Vulcani. Le grandi linee sismiche coincidono coi grandi circoli vulcanici. Non vi ha eruzione la quale preceduta, accompagnata e seguita non sia da vibrazioni del suolo, estese spesso su vasta superficie; come non vi ha terremoto il quale non possa, per così dire, considerarsi come l' effetto di un conato delle interne forze, dalla cui azione le vulcaniche conflagrazioni risultano. Un terremoto, in una regione non vulcanica, è uno sforzo incompleto per aprire un vulcano; come una eruzione vulcanica è l' esplosione di quelle forze, che compresse, avrebbero prodotto un terremoto. In entrambi i casi le cause del dinamismo e dell'impulso sono le stesse: le sole differenze fra loro sono quelle del grado di energia, e delle varie specie e misure di resistenza che incontrano. Non è già vero che, come con assai inesattezza fu af-

tativo riuscì però molto difettoso, e Perrey (*Memoires de l'Académie de Dijon*, t. IV, anno 1855, p. 57) ne ha notato le gravi imperfezioni. La bella carta sismogeografica di Mallet e le eleganti illustrazioni di Reclus, possono considerarsi come i lavori più perfetti che possegga finora questo ramo della Sismologia.

fermato [1], il terremoto sia la causa del vulcano; ma entrambi i fenomeni sono manifestazioni di una medesima forza sotterranea, operante in diverse condizioni. I più grandi terremoti, dice il signor Poulett-Scrope [2], sono cagionati dagli sforzi della potenza espansiva, a troppo grandi profondità e sotto la pressione di una soverchia massa sopragiacente di materia, perchè si possa stabilire coll' aria esterna quella libera comunicazione che è necessaria allo svolgimento dei fenomeni vulcanici, mentre le commozioni locali e meno violente, che precedono ed accompagnano d'ordinario questi fenomeni medesimi, hanno una sorgente d'azione meno profonda, sotto una minore resistenza della crosta terrestre, talchè la comunicazione con la superficie è facilmente stabilita. Ma sulle relazioni tra le manifestazioni sismiche e le vulcano-plutoniche della sotterranea forza espansiva dovremo più a lungo e di proposito occuparci in appresso. Basti per ora questo cenno a schiarimento della nostra Carta dei Terremoti, posta in fine del presente volume, nella quale il lettore osserverà tinte con più intenso colore le regioni nelle quali l'energia sismica è maggiore, e sulle quali si schierano i più frequenti sistemi vulcanici.

Un mappamondo geosismico sarà sempre necessariamente incompleto, fino a che la scienza non avrà che assai imperfettamente esplorato il fondo degli Oceani. Dei 111,000,000 di miglia quadrate

(1) Johnston, *Physical Atlas*, *Geology*, p. 21.

(2) Poulett-Scrope, *Les Volcans, leurs caractères et leurs phénomènes;* tr. de l'anglais par Endymion Pieraggi. Paris 1864. p. 7.

di mare, onde sono coperti i tre quarti del nostro pianeta, la massima parte è un mistero per noi, in quanto concerne le dirette osservazioni intorno ai fenomeni sismici che quelli abissi nascondono. Le sole cognizioni che a tale rispetto noi possediamo, riguardano l'Atlantico con una parte del Grande Oceano del Sud, ed una piccola porzione dell'Oceano Artico. Il signor Moreau de Jonnés riferisce due osservazioni, fatte a bordo di navi francesi, il *César* e la *Sylphyde,* le quali rendono molto probabile l'esistenza di un tratto vulcanico sottomarino presso il banco di Bahama [1]; e molto più numerose ed accurate osservazioni ha raccolte il signor Daussy [2], per provare come una vasta area vulcanica suboceanica si stenda nel bacino dell'Atlantico, circa a metà via tra il Capo Palmas sulla Costa Occidentale d'Africa, ed il Capo S. Rocco sul lido orientale di America, il che è quanto dire nella parte più angusta di quell'Oceano tra i due continenti. Sarebbe invero molto desiderabile che la Geografia Fisica del mare, in questi ultimi anni tanto progredita, massime dopo l'impulso dato a questa scienza dall'illustre americano signor Maury, e dotata di possenti mezzi di scandaglio, quali sono quelli inventati dal luogotenente Brooke, si adoperasse a perfezionare questo importantissimo e finora così incompleto ramo

[1] *Comptes Rendus*, vol. VI, p. 302 (1853).

[2] *Sur l'existence probable d'un volcan sousmarin situé par environ 0' 20° de lat. S. et 22° 0' de long. O.*, *Comptes Rendus*, Vol. VI, p. 512 (1853). V. anche un recente articolo nel *Daily News* (10 Dicembre 18(8); e l'*Archivio Marittimo* di Trieste, Ann. II, Fascicolo IX, Marzo 1869.

delle nostre cognizioni. Tolte queste poche eccezioni, pressochè tutte le altre osservazioni sismico-marine da noi possedute, non sono che dipendenze di quelle fatte sulle terre adiacenti.

Procediamo ora alla descrizione delle principali linee geosismiche del nostro globo.

L'Oceano Pacifico, il più grande serbatoio d'acque del nostro pianeta, è tutto circondato da una formidabile catena di vulcani e di regioni sismiche. Se noi cominciamo a percorrerla dalla sua parte boreale, partendo dal Monte Sant'Elia a 60° di latitudine N. sulla costa del Nuovo-Continente, noi possiamo seguire con lo sguardo la non interrotta linea vulcanica dell'Arcipelago delle Aleutte, continuata nella penisola del Kamsciakà, e poi nelle isole Kurili, nelle Giapponiche e nelle Filippine. Convergendo quindi a Nord della Nuova-Guinea, nei vulcani di questa grande terra, e in quelli della Nuova-Bretagna, delle Salomon, delle Egmont, delle Nuove Ebridi, della Nuova Caledonia, della Nuova Zelanda, formiamo un vasto circuito pelagico, rotto soltanto in parte nella ignota regione antartica. Per entro all'immenso anfiteatro si disegnano, benchè con linee meno ricise di vulcanici focolari, parecchi bacini secondari: così, per esempio, dal Giappone alla Nuova Irlanda, attraverso alle Isole dei Ladroni, una distinta sebbene sparsa linea di ardenti montagne interseca un'area eguale circa alla metà di quella dell'Africa, limitata a settentrione dal Giappone e ad occidente dalle Filippine. Dalla latitudine di 30° S., una linea di bassi fondi ocea-

nici manda fuori le creste vulcaniche della Nuova Caledonia e della Nuova Zelanda, e piegando a ponente ed un poco a tramontana, attraverso le isole Tonga, della Società, le Marchesi e le Gallapagos, fra loro connesse da continui banchi, si congiunge al gruppo dei vulcani dell' America centrale, dividendo per tal modo il grande bacino oceanico in due cerchi secondari, ciascuno dei quali è, a sua volta, suddiviso in meno nitida ma pur percettibile guisa, — il boreale, da una linea che dalle isole del Natale e delle Sandwich va sino al gruppo vulcanico delle Andreanofski nell' Arcipelago Atlantico; — ed il meridionale, da una linea la quale dalle isole della Società per quelle della Pasqna e di Juan Fernandez, va a raggiungere, nella sua estremità orientale, la grande catena vulcanica del Chili.

Una vasta fenditura, indicata la prima volta da Humboldt, lunga circa 500 miglia, e segnalata da una quasi continua linea di bocche vulcaniche, si estende da levante a ponente, tagliando il Messico, tra il 18.° ed il 19.° grado di latitudine N. Il suo prolungamento va a toccare l' isola vulcanica di Revillegigedo, e probabilmente si protende fino al Mouna Roa nelle Sandwich. L' estremità Messicana di questo grande crepaccio segna forse il termine continentale di uno dei sub-bacini del Pacifico.

Nel grande bacino di questo Oceano giacciono alcune delle aree di lento e graduale abbassamento indicate da Carlo Darwin, uno dei fenomeni più intimamente connessi con le forze sismiche o plutoniche residenti nell' interno del globo.

Meno distintamente disegnata che intorno al Pacifico, è la cintura di fuoco che circonda l'Atlantico, diviso anch' esso in parecchi bacini secondari. Muovendo dalla Islanda, le isole del Ferro, la Scozia e le montagne del Galles e dell'Inghilterra e (colla breve soluzione di continuità del Canale della Manica, insignificante interruzione in così vaste linee) le catene Reno-Germaniche, le Alpi Francesi ed Occidentali, i Pirenei, fino al Capo Finisterre ed ai lidi Atlantici del Portogallo, vanno a riunirsi, per mezzo delle Azzorre e degli innumerevoli scogli submarini di quella regione, alle costiere di Terra Nuova, d'onde la catena si protende a settentrione lungo le plutoniche rupi della Groenlandia. In connessione con questo bacino oceanico, noi abbiamo un grande tratto di terra lentamente sollevantesi, la Scandinavia, e due tratti abbassantisi, l'uno nello stretto di Davis, l'altro nel Baltico.

L'Atlantico Centrale forma un bacino assai bene circoscritto da vulcani e da catene. Partendo da Terra Nuova e tornando verso levante alle Azzorre, e per Madera alle Canarie, si raggiunge il Capo Verde, includendo la grande regione vulcanica submarina della quale abbiamo fatto cenno di sopra, e si va a ponente per l'isola di Fernando Noronha, fino al capo S. Rocco; d'onde noi possiamo tracciare a Nord un'altra linea la quale, lungo il continente, per la Trinità, le Antille e Cuba, tragittando la stretta fenditura del canale di Bahama, rimonta per la Florida, la Giorgia e le catene orientali degli Stati-Uniti sino al punto

primitivo di partenza della Terra Nuova. Il golfo del Messico ed il mare dei Caraibi formano un più piccolo, ma separato bacino.

Nell'Atlantico meridionale, noi possiamo del pari disegnare la linea di divisione attraverso l'Ascensione Australe, il grande tratto vulcanico submarino poc'anzi ricordato, l'Ascensione Boreale, Sant'Elena, il Capo Negro sull'africana costa occidentale, indi procedendo verso mezzodì fino al Capo di Buona Speranza, e di colà volgendo a ponente per Tristano d'Acunha, poscia a S. O. all'isola Georgia (lat. 55° S,), e per le isole Falkland, ai vulcani della Terra del Fuoco e dell'America Australe.

Tornando ora al Grande Oceano, non vi può essere serio dubbio nella Fisica del globo, che l'Australia, nella odierna sua linea di costa boreale, fu un tempo unita con la Nuova Guinea e con le isole Aru, a ponente ed a mezzogiorno di essa, e forse anco con altre terre ad occidente di quel vasto ed isolato continente; giacchè altrimenti sarebbe difficile spiegare la relativamente piccola profondità dei mari intermedi. L'abbassamento graduale della Nuova Olanda occidentale e delle adiacenti contrade, segna una potente linea di azione sismica.

I mari di Okotsk, del Kamsciakà, del Giappone e, più che tutti, il Mar di Cina e quello della Malesia con Borneo nel mezzo, formano altrettanti distinti bacini secondari. La baia del Bengala, a levante-mezzodì ben limitata dai vulcani della Sonda, circondata dalle catene indiane fino a Ceilan, congiunge probabilmente l'Australia occidentale, con un sub-

marino rilievo, indicato dalle rupi di Greville e di Crompton, ai lidi singalesi.

Distinto del pari è il bacino dell'Oman e del Mare di Arabia, dal Capo Comorino, lungo la montagnosa costiera del Malabar, il Belucistan fino all'imboccatura del Golfo Persico (piccolo, appartato bacino anch'esso); e di là per la costa di Arabia alla regione vulcanica dove si apre il Mar Rosso, ed alla dirupata Abissinia col suo caratterisco ed enorme lago crateriforme di Tzana, benchè priva, a quanto si sappia finora, di autentici ricordi di convulsioni terremotiche. Dalle montagne Abissiniche procedendo lungo le malnote regioni dell'Africa orientale, traversando le isole vulcaniche di Comoro, di Madagascar, di Borbone, di Maurizio e di Rodriguez, i banchi di Nazareth e di Saya, gli Arcipelaghi delle Chago, delle Maldive e delle Lakadive, si completa e si chiude, ritornando al Malabar, la vasta cinta di questo bacino.

La forma circolare propria e sì caratteristica delle regioni sismiche e vulcaniche si incontra del pari quando, uscendo dal vasto ed aperto oceano, si prendano ad esaminare i molto più piccoli bacini mediterranei. Così l'Etna, le Lipari, il Vesuvio, gli estinti vulcani della Francia orientale e centrale, dei Pirenei e della Penisola Iberica, i monti dell'Africa boreale e per la Pantelleria tornando in Sicilia, ci disegnano nella nostra meridionale Europa la periferia di un bacino occidentale, a cui si connette un altro orientale, formato dalle isole vulcaniche dell'Egeo e della Grecia e dalle regioni del pari

vulcaniche della Siria, dell' Armenia e del Caucaso. Il Caspio, co' suoi eterni fuochi di Bakù, il lago di Aral con le sue nafte e co' suoi bitumi, la Persia con gli arditi coni del Demavend e delle circostanti montagne, ci presentano un altro anello vulcanico, il cui nodo principale è il mare summentovato.

Nè alla legge della prossimità delle catene vulcano-seismiche ai grandi depositi marini farebbero punto eccezione, quando la loro esistenza fosse più sicuramente provata di quel che sia, i vulcani Mongolici, il Turfan, che dicesi tuttora fumante, ed il Pecham che sarebbe stato, giusta una locale tradizione, attivo fino al VII secolo; perocchè la parte dell' Asia ove sorgono quelle montagne, benchè interterranea, è però quella precisamente in cui stanno raccolte le più grandi masse lacuali di acque salmastre, residui di un antico Mediterraneo asiatico, quasi eguale in grandezza all' europeo.

Nell' Europa boreale noi troviamo il grande bacino Scandinavico, Germanico e Russo, illustrato dai lavori di Murchison; e più a settentrione-ponente, il bacino oceanico (per le montagne di Norvegia connesso al precedente) costituito dalle Shetland, dalle isole del Ferro, dall' Islanda, dalla costa Groenlandese e dal gruppo vulcanico di Giovanni Mayen.

Per tal modo considerata ne' suoi grandi lineamenti, la superficie del nostro globo, per ciò che concerne la sua presente superficie solida, consiste in una serie di depressioni, aventi forma irregolarmente ovale e circolare, e limitate da più o meno

alte catene montane. Là dove tre o più di queste si incontrano, il punto di congiunzione è determinato talora da un gruppo di montagne, talvolta da un altipiano, e in qualche più raro caso da entrambe queste forme orografiche. Le più grandi fra coteste cavità formano i letti degli Oceani; ma altre ve ne sono sulla parte emersa, le quali abbracciano mari o porzioni di mari, o laghi, o grandi sistemi fluviali; ma tutte sono limitate dagli orli montani, che formano i grandi rilievi del globo.

Or bene, si è sempre lungo questi orli, sia che essi consistano di vere catene, sia che assumano le meno eccelse forme di pianori, dividenti i vari bacini marittimi, che trovansi i vulcani ed i sistemi vulcanici in tutte le parti della terra; e si è del pari lungo quei rilevati margini, che si trasmette e propaga nelle sue vibrazioni l'attività sismica. Essi sono veramente le grandi vie maestre dei terremoti. Anche quando l'attività vulcanica si manifesta nel bel mezzo di un Oceano, come vedemmo accadere nell'Atlantico, è facile tracciare la linea, in parte emersa nelle isole e negli scogli, in parte sommersa nei bassi fondi, la quale divide due contigui bacini oceanici.

Così ovvia e manifesta è la connessione tra l'azione vulcanica e la sismica, benchè la vera natura di questa connessione sia stata troppo sovente frantesa, che anche *a priori* noi dobbiamo essere preparati a trovare le più cupe tinte della nostra mappa sismografica irradiare ed orlare le grandi catene montane, dove fremono i massimi centri delle

potenze vulcaniche. Egli è perciò che, per esempio, l'Islanda, l'isola del Ferro, le Shetland, e la costa S. O. della Norvegia fin presso Cristiania, formano una zona di connessione sismica, la quale probabilmente si collega con quella della Groenlandia, convergendo fino a Giovanni Mayen.

Le onde terrestri, caratteristiche del terremoto, si trasmettono e si propagano sempre nel senso delle minori resistenze, o, più specificamente, attraverso le linee di materiali più elastici, epperò più solidi. Indi il già ricordato fatto, bene e ripetutamente accertato, che, le scosse si succedono di preferenza lungo gli assi delle catene di montagne, o lungo gli impluvi delle valli e i corsi dei grandi fiumi, e quasi mai nel senso trasversale a queste direzioni.

Da Tunisi una angusta ma intensamente caratteristica zona sismica corre attraverso la Sicilia e l'Italia, manda un ramo a ponente per le Alpi occidentali fino ai Pirenei ed alla costa boreale di Spagna, mentre nelle Alpi centrali si amplia e si distende abbracciando un' area, che da Vienna va sino a Lione, per contrarsi di bel nuovo in più stretti limiti alla latitudine di Strasborgo, d'onde lungheggia a Nord il sistema Renano e va a morire nelle ubertose pianure dell' Olanda.

Del pari, una linea sismica meno recisamente definita, ma percettibile anch' essa, sembra rannodare insieme le Azzorre ed il Portogallo, da una parte, con le Canarie ed il Marocco, dall'altra, col Baltico.

Una larga ma poco energicamente disegnata zona stendesi dall'Arcipelago Greco a Costantinopoli, d'onde si espande sopra una vasta porzione dell'Asia Minore, e, attraverso alla Palestina, nella bassa valle del Nilo e lungo le rive del Mar Rosso, protraendosi a mezzodì lungo il lido Arabico di questo bacino. Dal golfo di Scanderun, per Aleppo e Mosul al lago Van, e a sud dell'Ararat a Scirvan e a Bakù sul Caspio, è osservabile un' altra diramazione, che probabilmente si connette col sistema degli Urali, fino alle estremità boreali del continente. Una terza zona asiatica dal parallelo di Bagdad si protende a levante nella Persia, nel Corassan ed alla catena dell'Indu-Kuh, mandando una diramazione lungo le sponde del golfo Persico. Presso Cabul, la zona persiana si congiunge alla regione indiana, limitata a nord dalla catena Imalaica, e biforcantesi a sud lungo le valli del Gange e dell' Indo. Lasciando in disparte le malnote regioni sismiche dell'Asia Centrale, osserveremo che, rispetto alla Orientale, l'impero cinese, così frequentemente agitato da terremoti, sembra avere due precipui centri sismici, l'uno, più settentrionale, a Pechino, l'altro, meridionale, a Canton; e che la Cocincina, per quanto la scarsità delle attuali cognizioni ci permette affermarlo, pare privilegiata di debolissima azione sismica.

Ma se dal continente asiatico passiamo alle grandi isole che lo prospettano a mezzodì-levante, noi entriamo nella più violenta e lacerata regione sismo-plutonica del nostro globo. Giava, Sumatra, Celebe,

Sumbava, Mindanao, Luçon, sono frequentemente scosse dalle più formidabili vibrazioni del terremoto.

Appena inferiore, per frequenza e per intensità delle vibrazioni, a questo possente centro sismico insulare, è la regione continentale delle Ande in America, così ricisamente disegnata sulla faccia del globo. Nell'America boreale, il sistema Californiano, quello della gran valle del Mississipi, e quello finalmente dei grandi laghi, formano le plaghe, nelle quali più frequentemente in quella parte del mondo siano stati osservati i terremoti.

Immense contrade sono tuttora ignote alla Geosismologia, e figurano bianche e senza tinta sulla nostra carta. Tali le regioni polari; tali vaste superficie nell'Asia boreale e centrale, e nell'America meridionale: tale l'intero continente Africano, ad eccezione della punta australe e della nordica costiera; tale quasi intera l'Australia, terre tutte sulle quali la scienza e l'osservazione sono quasi mute finora o troppo incerte nel rispetto che ci occupa.

Più imperfette ancora sono, come già notai, le cognizioni nostre sulla Geosismologia oceanica. Nella sua Memoria « Sul bacino dell'Atlantico » il signor Perrey, assegna una media annuale di tre scosse soltanto osservate sopra un'area marittima di circa 24 milioni di miglia quadrate. Or bene (nota a tale proposito il sig. Mallet) se noi paragoniamo questa area con la sola porzione di terraferma tollerabilmente osservata, cioè con la superficie Europea, noi troviamo in quest'ultima almeno 40 scosse al-

l'anno, osservate sopra un' area di 1,720,000 miglia quadrate, od anche, tenuto conto delle regioni non mai soggettate alla osservazione, di sole 1,500,000 miglia quadrate. Accade adunque nel bacino Atlantico una scossa sopra ogni superficie di 8,000,000 di miglia quadrate; mentre nell' area Europea ne succede una sopra uno spazio di 37,500 miglia di superficie; cosicchè sopra coteste aree, l' energia sismica sotto la terraferma sta a quella che si esercita sotto il fondo del mare come 213 sta ad 1 circa. È certo che il numero dei terremoti i quali *realmente* avvengono sul fondo dei mari, è notevolmente maggiore di quello osservato sull' Atlantico. Ma, siccome è del pari fuor di dubbio che il numero annuo dei terremoti osservati in Europa è di gran lunga inferiore a quello dei terremoti che effettivamente vi accadono, fatta quindi la più larga parte alla imperfezione delle osservazioni nostre sulle aree pelagiche, la disparità dei surriferiti numeri è pur tuttavolta tale e tanta, da consentirci di affermare, con non poca probabilità di ragione, che l' energia sismodinamica si manifesta con potenza molto più grande, a parità di aree, sopra la terraferma, anzichè sul letto oceanico. Che se a costa di questo fatto noi poniamo l' altro già ricordato di sopra, e non meno positivamente accertato, che sui continenti e nelle isole egli è più specialmente lungo le coste marine o, per dir meglio, lungo gli orli dei bacini marittimi che le potenze sismiche si esercitano, arriveremo a questa conclusione generale: che cioè le masse oceaniche favoriscono le vibra-

zioni del suolo su quelle parti della crosta terrestre alle quali lateralmente elle si appoggiano, e le osteggiano invece in quelle altre alle quali sovraincumbono.

Noi possiamo, dopo ciò tutto, riassumere nelle proposizioni seguenti le attuali cognizioni possedute dalla Geosismologia:

1.°) Mentre la legge della distribuzione cronologica dei terremoti è l'uniformità nel tempo, la legge invece della loro distribuzione geografica è la varietà nello spazio;

2.°) Il tipo normale della propagazione superficiaria delle vibrazioni è quello di zone di variabile ma sempre grande lunghezza, con una sensibile influenza sismica estendentesi da 5° a 15° in ampiezza trasversalmente;

3.°) Queste zone seguono generalmente le linee di elevazione che separano i grandi bacini oceanici o terroceanici della superficie terrestre;

4.°) E siccome queste linee coincidono frequentemente con le catene di montagne, e queste ultime coi sistemi vulcanici, così le linee sismiche si confondono sovente con le linee orografiche e vulcaniche;

5.°) Sebbene l'ordinaria influenza sismica sia generalmente limitata alla larghezza succennata della zona, i più forti parosismi si propagano occasionalmente a grandi distanze dalla zona medesima;

6.°) La larghezza sensibile della zona sismica dipende dall'energia sviluppata nelle vibrazioni, e dalle accidentali condizioni geologiche e topografiche di ogni punto della linea;

7.º) I punti dove l'energia sismica riesce più forte sono quelli che, essendo in vicinanza dei bacini marittimi, stanno purè in prossimità dei centri vulcanici;

8.º) Le superficie di minima o ignota energia sismica sono le aree centrali dei grandi bacini oceanici o terroceanici.

CAPITOLO IV.

Sismografia ossia descrizione di alcuni celebri Terremoti

Applicando alla storia di un grande fenomeno naturale il metodo che G. G. Rousseau voleva adoperare nello studio delle storie umane, io mi propongo, in questo capitolo, di passare in rassegna i più notevoli fenomeni osservati nelle grandi catastrofi sismiche, cominciando dalle più recenti, per risalire alle anteriori e quindi alle più antiche. Con ciò non intendo punto ritornare sul complesso problema della distribuzione dei terremoti nel tempo, da noi già esaminato in un precedente capitolo; e nettampoco intraprendere una minuta e particolareggiata descrizione di tutti gli effetti prodotti dai più famosi cataclismi sulle diverse contrade che hanno desolato. Questo lavoro, più letterario e drammatico che scientifico, stato fatto, almeno pei più celebri terremoti, da illustri storici, assumerebbe

proporzioni troppo più vaste di quelle che all' economia ed all' indole del presente volume si convengono. Io non debbo qui avere di mira fuorchè registrare i più importanti cambiamenti che le convulsioni sismiche hanno determinato sulla faccia del globo, non che i fatti più singolari che, in quanto concerne la Fisica terrestre, le hanno precedute, accompagnate e seguite.

§ 1.°

TERREMOTI DEL SECOLO XIX.

Terremoto del Perù e dell' Equatore del 1868.

La più recente ed altresì una delle più terribili scosse dalle quali sia stato agitato nel corrente secolo il nostro pianeta è, senza dubbio, quella che il 13 agosto 1868, seguita da altre nei giorni successivi, sconvolse una gran parte delle occidentali regioni dell' America meridionale, e che distrusse parecchie città del Perù e dell' Equatore.

Per quanto può dedursi dalle informazioni finora raccolte, e le quali, se copiosissime in ordine ai tragici e singolari anneddoti onde in simili occasioni fanno tesoro i giornali, sono però scientificamente molto scarse ed incomplete, il centro delle prime vibrazioni di quel terremoto sembra corrispondere all' intervallo compreso fra Arequipa e

Tacna: ivi almeno più forte che altrove si è manifestato il movimento [1]. La prima scossa, che dicesi aver durato sette minuti, ebbe luogo il 13 agosto, a 5 ore di sera. Le città di Arequipa, di Tacna e tutte quelle che sorgono nell' intervallo, furono totalmente distrutte. Il movimento si è propagato, a mezzodì, fino a Copiapo; a levante, fino a La Pas; e a settentrione, fin oltre Lima. A Copiapo l' ondulazione fu assai prolungata, ma debole; le vibrazioni nel senso orizzontale furono abbastanza lente, perchè siansi potuti scorgere gli oggetti spostarsi e le strade perdere ad occhio veggente la loro forma rettilinea.

Rapidissimo fu il movimento di trasmissione dell' onda terrestre, poichè la scossa si è fatta sentire, tra le 5^h e le $5^h\ 30'$, sopra uno spazio forse non inferiore a 15 gradi di latitudine.

A ponente il movimento del suolo si è propagato sotto il mare, producendo sulla superficie del Pacifico una ondulazione che per la sua estensione e le sue conseguenze fu la più notevole circostanza

[1] Vedi una Nota indirizzata dal Sig. Pysis al Sig. Elia de Beaumont, da Santiago, inserita nei *Compte-Rendus de l'Académie des Sciences*, 23 Novembre 1868, tomo LXVII, . 1066 e seg. — Numerose illustrazioni, ornate di bellissimi disegni com' è suo uso, diede l'*Illustrated London News* (V. specialmente i Num. del 24 e del 31 di Ottobre 1868). — Appena giunte in Europa le notizie di quella catastrofe, ne pubblicai io stesso un resoconto nell'*Universo Illustrato* di Milano — Ebbi poi sott' occhio un gran numero di giornali dell' America Spagnuola ed Inglese, e sovratutto *El Nacional* ed *El Comercio* di Lima. — Veggansi inoltre l'*Annuaire Scientifique* del Deherain per l' anno 1868, le *Causeries Scientifiques* del Deparville 1868, pag. 171.

di quel terremoto. Nella parte della costa che giace fra Arica ed Islay, il mare si ritirò al momento della prima scossa [1], poi, ritornando sopra sè stesso, sotto forma di una immensa onda, si precipitò sulle terre, innoltrandovisi nelle parti basse fino a 5 o 6 chilometri, e seco trascinando quanto incontrava sul suo passaggio. L' altezza di quell' onda fu estimata da 20 a 25 metri. Tra i porti di Caldera e di Coquimbo, il ritiro del mare si è manifestato verso le 8 della sera; poi ritornò a tre riprese sulle terre, distruggendovi gli edifizi, e gettando sulle coste le navi. A Arica il vapore da guerra *Wateree* e la corvetta *America*, furono scagliati più d' un miglio entro terra. Nella baia di Talcahuano, il mare si è ritirato verso

[1] « El mâr empieza a retirarse, se encoje, se reconcentra en sus menores limites comprimiendo violentamente la elasticitad de sus aguas, para hâcer mas violenta y terrible su reaccion....... El mar esos momentos presentaba un aspecto fantasmagorico — el sol que se acercaba al occidente, enrojecia las aguas dandoles un aspecto de randales de fuego latente; y todos los buques fluctuaban sobre este mar de fuego, y erân arrabatados en direcciones diversâs por las rapidas y encontradas corrientes ». — Articolo de *El Nacional* di Lima. — Se la tragica gravità dell' argomento non m'el vietasse, vorrei qui riferire alcuni squarci della stampa periodica dell'America del Sud dei giorni successivi a quello della catastrofe, dai quali si vedrebbe fino a quali limiti possa spingersi lo stile declamatorio dell' uomo meridionale, la cui immaginazione sia scossa da un grande fenomeno della Natura. Come saggio dei costumi di quelle *felici* repubbliche, ricorderò una cosidetta *Procession de Sangre* (Processione di Sangue) fatta a Cuzco dopo il terremoto, nella quale (narra un giornale peruviano) « doscientos o trescientos muchachos accompañâban con coronas de espinâs y sus crucesitas en las manos, dando gritos y ahullidos que no se sabia lo que pedian, a lo que eran instigados por las madres que los acosaban con pellizcos ».

9 ore pom., e fra le 11 e la mezzanotte ritornava inondando le strade ed entrando nelle case. Nel porto di Coral, presso Valdivia, il movimento di ritiro avvenne a 10 ore di sera. Esso si fece eziandio, benchè debolmente, sentire a Chiloe. Ecco adunque un' onda propagatasi sopra uno spazio di oltre 24 gradi! Se consideriamo Arica come il punto di partenza delle onde, ne emerge che queste sonosi trasmesse in 5 ore da questo punto al porto di Coral, percorrendo, in tale periodo di tempo, una spiaggia di 2377 chilometri, il che corrisponde ad una velocità di 474 chilometri all' ora.

Nella parte che sembra corrispondere al centro di vibrazione, le scosse, benchè meno intense della prima, sonosi ripetute a brevi intervalli dal 13 fino al 18 agosto. A Tacna se ne contarono sino 180; e nella notte del 13, verso 8 ore della sera, si osservò al N. E. una rossa e viva luce, che alzavasi vari gradi sull'orizzonte: quella posizione corrisponde al vulcano di Saajama, che forma il centro di un gruppo di coni vulcanici tra Oruro ed il Tacora.

Per quanto grandissima nel Perù, la sventura fu più terribile ancora nell' Equatore. La provincia di Imbabura, la sola che per fertilità e ricchezza superasse quella di Guayaquil, conteneva le città di Ibarra, Otavalo, Catacochi, Atuntaqui, San Pablo ed altre. Le sue ubertose pianure, coperte di sontuose case di campagna, nutrivano una popolazione di oltre 40,000 abi-

tanti. Mezz' ora dopo il cataclisma, quel paradiso terrestre era un immenso cimitero, in cui le 400 circa persone superstiti vagavano come ombre sepolcrali.

Una circostanza che merita ancora di essere notata, si è che una diuturna e diluviale pioggia precedette il terremoto.

Nuova Zelanda 1855. — Questo arcipelago, dacchè fu scoperto e colonizzato dagli Europei, è stato fieramente agitato a più riprese dai terremoti, e segnatamente negli anni 1826, 1841 e 1843, producendovisi grandi e permanenti cambiamenti nel livello delle terre. Ma la più tremenda catastrofe a cui abbia soggiaciuto la Nuova Zelanda, avvenne in gennaio 1855. L' area sulla quale le vibrazioni furono sentite sulla terra venne stimata a 360,000 miglia quadrate; ma furono eziandio osservate da bastimenti in mare a 150 miglia dalla costa. Nelle vicinanze di Wellington, nell' isola boreale, un tratto di terra, comprendente 4,600 miglia quadrate, si alzò (dicesi) da 1 a 9 piedi sul suo precedente livello [1].

Giappone 1854. — Nel 1854 uno spaventevole terremoto desolò la grande isola Nipon ed altre parti del Giappone. Ecco come un nostro viaggiatore [2] descrive gli effetti di quella catastrofe a Simoda ed in altre regioni di quell' impero.

[1] Lyell, *Bulletin de la Societé Géologique de France*. 1866, pag. 661.

[2] Arminjon, *Il Giappone e il viaggio della Magenta*, parte seconda, cap. II, pag. 220.

« Le acque del mare si sollevarono all' altezza degli alberi più cospicui della valle, sommergendo case e persone, e rovesciando ogni cosa nel movimento alternativo di flusso e riflusso. La fregata russa *Diana*, la quale un anno prima era sfuggita alla crociera dell' ammiraglio inglese Stirling, stava in mezzo del porto e nello abbassarsi del mare percosse il fondo, per cui i cannoni furono gettati in dentro del bordo con ferimento e morte di moltissime persone. Il bastimento preso da' vortici girava intorno alle àncore e per le violentissime scosse rimase sconnesso in ogni sua parte. Dopo quell' epoca apparvero alcune scogliere che prima non esistevano, e il luogo dell' ancoraggio fu notevolmente ristretto. Il terremoto di Simoda ci rammenta altro più tremendo che avvenne l' anno 1783, nel distretto di Yeddo, ed il quale non ha nella storia moderna altro esempio fuorchè quello di Lisbona ed il recentissimo del Perù. A' 17 di luglio principiò un rombo sotterraneo somigliante a mugghio di tuono lontano con grande turbamento nell' aria, ed il fenomeno andò crescendo fino al 1° agosto, in cui prese proporzioni veramente spaventevoli. Si rovesciarono le case dalle loro fondamenta, e apertesi le montagne n' uscirono pioggie di sabbia mista a fumo, con pietre scagliate nell' aria tenebrosa a distanze incredibili. Di quando in quando scaturivano fiamme a crescere la desolazione di quella scena; la terra inghiottiva i miseri abitanti nelle voragini; fiumi di acqua calda, coperti di vapore,

scacciati da' loro letti, allagavano e struggevano le campagne. Ventisette città o villaggi furono interamente distrutti. I giapponesi hanno osservato ne' terremoti che i magneti perdono la loro intensità, o almeno che la loro forza oscilla moltissimo, e alcuni vogliono che questa proprietà sia da essi adoperata per la costruzione d' uno strumento semplicissimo il quale porge in tempo opportuno avviso del sovrastante pericolo. Un pezzo di ferro è appeso ad un magnete e sotto di questo si colloca una campana di bronzo, la quale suona per la percossa all' istante della caduta. Gli abitanti della casa hanno tempo di fuggire, salvando le cose più preziose. Le precauzioni contro i terremoti sono tanto più necessarie quantochè il suolo è in uno stato convulsivo permanente, e la quiete è cosa eccezionale. Per questo motivo le case sono quasi interamente di legno ».

Siria 1837. — Fu già osservato che i terremoti affettano generalmente aree oblunghe. La violenta scossa che devastò nel gennaio 1837 la Siria, fu sentita sopra una linea di 500 miglia di lunghezza e 90 di larghezza; più di 6000 persone vi perdettero la vita; profonde fessure si aprirono in dure rocce, e nuove fonti termali sgorgarono a Tiberiade (1).

Chili 1822-1835-1837. — La costa chiliana nell' America del Sud, è forse una delle regioni del globo più frequentemente e più possentemente tra-

(1) Darwin, *Geological Proceedings*, vol. II, p. 658.

vagliate dalle sotterranee riazioni. Quella che sconvolse Valdivia, la Concepcion, Talcahuano ed altre città e terre di quella contrada il 20 febbraio del 1835 fu osservata da un testimonio oculare, la cui autorità scientifica è senza rivali [1]. Carlo Darwin, stando sulla riva, calcolò che la scossa durasse due minuti; le ondulazioni gli sembrarono provenire da levante, mentre altri le dichiararono procedenti da sud-ovest, il che mostra quanto sia talvolta malagevole di riconoscere la vera direzione delle vibrazioni. Non vi era difficoltà a stare in piedi; ma il moto del suolo produceva vertigine ed un effetto simile a quello che si ha sopra un vascello trabalzato da onde contrarie. L'intiera catena vulcanica delle Ande Chiliane, lunga 150 miglia, rimase in istato di inusitata attività, tanto durante le scosse, quanto per alcun tempo prima e dopo la convulzione, e la lava fu vista scorrere dal cratere di Osorno. L'isola di Juan Fernandez, distante 365 miglia geografiche dal Chilì, fu violentemente scossa al momento stesso, e devastata dalla grande onda di maremoto, che invase pure il lido continentale. Un vulcano submarino eruppe presso Capo Bacalao, ad un miglio circa dalla sponda, da 69 braccia di profondità. A Concepcion, narra il Capitano del *Beagle* Fitz-Roy, la terra si

[1] L'illustre Carlo Darwin. — Egli ha renduto conto delle sue osservazioni e degli effetti del cataclisma nella immortale sua opera intitolata *Journal of researches into the natural history and Geology of the countries visited during the voyage of H. M. S. Beagle round the World* (10.a edizione) pag. 301 e seguenti.

aperse e richiuse rapidamente in più luoghi; nè rimase quieta per tre intieri giorni dopo la grande scossa, e più di 300 vibrazioni si contarono tra il 20 di febbraio ed il 4 di marzo. Il livello della costiera rispetto al mare cambiò due volte, alzandosi dapprima da 4 a 5 piedi in febbraio, e ritornando in aprile a 2 o 3 piedi soltanto al di sopra della antica sua linea. Questo fenomeno di sollevamento della costa chiliana erasi già, del resto, verificato altre volte.

Dopo il terremoto del 19 novembre 1822, che si fece sentire sopra una linea di ben 1200 miglia, da accurati osservatori fu calcolato che l' intiera sponda del Chili centrale erasi alzata di circa 4 piedi [1]. Piante marine e conchiglie in grandissimo numero aderirono lungamente alle roccie, venute così fuori d' acqua. I testimoni oculari del fenomeno hanno congetturato su buoni fondamenti che la massa di rocce aggiunta al continente dell' America da quel movimento, o, in altri termini, la massa anteriormente sommersa dall' Oceano, e dopo le scosse permanentemente emersa da esso, rappresenti un volume di 57 miglia cubiche, sufficiente a formare una montagna conica alta due miglia (cioè quasi come l' Etna), con una circonferenza alla base di circa 33 miglia. Possiamo stabilire a 2. 655 il medio peso specifico

[1] Dott. Meyen, *Reise um die Erde*. — Freyer, *Geological Society Proceedings* N.° XL, p. 179, 1835 Febbraio. — Darwin, *Journal of researches*, pag. 303 e seguenti — Lyell, *Principles of Geology*. 10.a edizione, t. II, pag. 96 e seguenti.

della roccia; e se calcoliamo che la grande piramide di Egitto pesi circa 6,000,000 di tonnellate, noi troviamo che la massa di rocce aggiunta al continente del Chilì dal sussulto del terremoto, superava quella di 100,000 piramidi eguali a quella di Giseh. Tale è il lavoro meccanico che in una sola manifestazione delle misteriose sue forze, può compiere con piccolo conato la onnipossente Natura!

India 1819. — Il 16 giugno 1819 un violento terremoto avvenne a Cutch, nel delta dell' Indo. La città principale, Bhooj, fu convertita in un cumolo di macerie; e da quel centro il movimento fu sentito sopra un' area avente un raggio di 1000 miglia, ed estendentesi a Khatmandù, Calcutta e Pondichery. Le vibrazioni si ripercossero nel N. O. dell' India, ad una distanza di 800 miglia, dopo un intervallo di circa 15 minuti consecutivi alla catastrofe di Boohj. Ad Ahmedaabad, la grande moschea, eretta dal sultano Ahmed quasi 450 anni prima, fu atterrata, mostrando così qual lungo periodo fosse trascorso dacchè una scossa di tal violenza non avea visitato quella contrada. Ad Aujar, il forte, con le sue torri ed i suoi cannoni, andò in rovina. Le scosse continuarono fino al 20, ed allora a N. O. di Bhooj, il vulcano Denodur fu veduto mandar fiamme. Una vasta parte del letto dell' Indo si abbassò di parecchi metri; in altre parti il terreno si alzò. Il forte ed il villaggio di Sindree, sul ramo orientale di quel gran fiume, al di sopra di Luckput, presentavano, prima della

convulsione l' aspetto indicato nell' annessa figura.
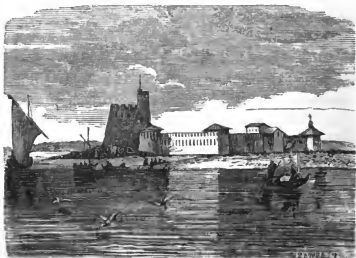
Fig. 1. — Villaggio di Sindree prima del Terremoto.

Ecco ora ciò che rimane, fuori delle acque, del forte e del villaggio di Sindree ([1]).
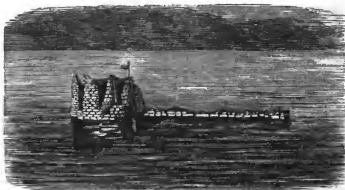
Fig. 2. — Villaggio di Sindree dopo il Terremoto.

([1]) V. Lyell l. c. p., 103 e seg.

Isola di Sumbava 1815. — Una delle più terribili eruzioni vulcaniche dalla storia ricordate avvenne, nell' aprile del 1815, nell' isola di Sumbava, una dell' Arcipelago della Sonda, nella provincia di Timboro, 200 circa miglia dalla estremità orientale di Giava. Il fragore delle esplosioni fu udito a Sumatra, ad una distanza di 970 miglia geografiche in linea retta, ed a Ternate, nella opposta direzione, alla distanza di 720 miglia. Sopra una popolazione di 12,000 abitanti, in quella provincia, soli 26 individui sopravvissero. Le tenebre cagionate durante il giorno dalle ceneri a Giava, erano sì profonde, da equiparare la più nera notte. Nembi di quelle polveri furono trasportati fino alle isole di Amboina e di Banda, ad 800 miglia dal vulcano. Lungo la costa di Sumbava e delle isole vicine, il mare si alzò repentinamente da 2 a 12 piedi, con una grande ondata, che tosto si inabissò, dopo avere inghiottito parecchie città e borgate. E, ciò che merita bene di essere qui notato, quella tremenda conflagrazione sarebbe stata perfettamente ignorata dall' Europa, senza l' accidentale presenza di Sir Stamford Raffles, governatore di Giava [1], che ne fece relazione. Indi si vegga quanto esser debba incompleta la conoscenza nostra dei fenomeni sismici su tutto il pianeta.

[1] *Life and services of sir Stamford Raffles*, p. 241. Cit. da Lyell, op. cit. pag. 106, vol. II. — V. anche John Herschel *About volcanos and earthquakes*, nelle bellissime *Familiar Lectures on Scientific subjects*, pag. 34.

Caracas, 1812. — Il 26 di marzo del 1812 parecchie violente scosse di terremoto furono sentite a Caracas di Venezuela in America. La superficie del suolo ondeggiava come un liquido bollente, e formidabili suoni sentivansi dal profondo. L'intera città co' suoi sontuosi edifizi e con le sue chiese monumentali, fu in un istante ridotta in un mucchio di rovine, sotto cui 10,000 abitanti rimasero sepolti. Si calcolò che il monte Silla perdette da 300 a 360 piedi della sua altezza, per subito abbassamento. Nell' isola di S. Vincenzo, un vulcano gettò ceneri e lava, e le sue esplosioni furono udite ad una distanza eguale a quella che separa la Svizzera dal Vesuvio, essendo il suono (così pensa Humboldt) trasmesso attraverso alla terra e non all' atmosfera. Durante il terremoto che distruggeva Caracas, una immensa quantità di acqua inondò Valecillo, presso Valencia, e Porto Caballo, uscendo da nuove sorgenti, mentre nel lago di Maracaybo le acque notevolmente si abbassavano. Humboldt osservò che le Cordigliere, composte di gneis e di micaschisti, non che le regioni immediatamente ai loro piedi, furono più violentemente scosse della pianura [1].

Carolina Meridionale e *Nuova-Madrid*, *Missuri*, 1811-12. — Poco prima del terremoto di Caracas pur dianzi descritto, forti vibrazioni furono sentite nella Carolina Meridionale, dove parecchie

[1] Humboldt, *Relation Historique*, tomo IV, pag. 12 — e *Cosmos*, tomo IV, pag. 618.

città furono distrutte. Convulsa fu del pari la gran valle del Mississipi.

Il terremoto di New-Madrid presenta, al dire dell' Humboldt, uno dei pochi esempi di incessante scuotimento del suolo per parecchi successivi mesi, *lungi da qualunque vulcano.*

Il geografo Flint, che visitò la contrada sette anni dopo l' avvenimento, c' informa che un tratto di più miglia in estensione, presso alla Piccola Prateria, divenne coperto di acqua alta da 3 a 4 piedi; e quando l' acqua scomparve, vi lasciò uno spesso strato di sabbie. Laghi di 20 miglia di superficie si formarono nel corso di un ora; ed altri esistenti scomparvero. Il cimitero di New-Madrid fu precipitato nel letto del Mississipi; e si accerta che il terreno sul quale sorge la città e la sponda del fiume per 15 miglia a monte, si abbassarono 8 piedi sotto il pristino loro livello. Le onde del terremoto erano rendute perfettamente discernibili ad occhio veggente dall' esistenza di grandi foreste, nelle quali, a misura che l' onda si avanzava, gli alberi si piegavano; e molti di essi nell' istante successivo, mentre ripigliavano la loro prima posizione, incontrando i rami di altre piante, cui le onde terrestri similmente inclinavano, rimanevano intricati gli uni cogli altri ed impediti di potersi rizzare. Il tragitto dell' onda era contrassegnato altresì dal fragore degli alberi posti in moto vibratorio, non che dallo aprirsi di innumerevoli getti di acqua, mista a sabbia ed a frammenti di carbone fossile.

§ 2.°

TERREMOTI DEL SECOLO XVIII

Nel novero dei molti terremoti del secolo XVIII, noi ne trasceglieremo alcuni più peculiarmente acconci ad illustrare i cambiamenti geologici dalle forze sismiche determinati.

Terremoto delle Calabrie del 1783. — Fra le terrestri convulsioni ricordate dalle storie, niuna forse ebbe mai tanti narratori, nè fu così minutamente descritta ne' suoi mille particolari, come questa formidabile catastrofe, da cui sì gran parte d'Italia fu desolata. Vivenzio, medico del re di Napoli, trasmise alla corte una diligente e chiara narrazione dei fenomeni da lui osservati [1]. Una particolareggiata descrizione dei cambiamenti topografici prodotti dalla crisi, fu del pari pubblicata da Francesco Antonio Grimaldi, allora segretario della guerra [2]. Un dotto medico Pignataro, residente a Monteleone, presso al centro delle convulsioni, tenne un regolare registro delle scosse, classificandole in quattro distinte categorie, giusta la loro relativa violenza. L'Accademia Reale delle Scienze di Napoli mandò una speciale deputazione a visitare la contrada, ed una relazione minuta dei fenomeni fu il frutto di questa missione [3]. Un erudito Inglese, Sir William Hamilton, un illustre

[1] *Istoria de' Tremuoti della Calabria del 1783.*
[2] *Descrizione de' Tremuoti accaduti nelle Calabrie nel 1783.*
[3] *Istoria de' Fenomeni del Tremuoto ecc. nell'anno 1783, posto in luce dalla R. Accademia ecc. di Napoli.*

scienziato francese, il Commendatore Dolomieu, ed altri insigni scrittori raccolsero in folla i fatti relativi a quella grande catastrofe, la cui narrazione fu poi mirabilmente riassunta in Italia, siccome avvenimento di storia umana, dal Colletta [1] e in Inghilterra, siccome attinente alle geologiche discipline, dal Lyell [2].

Il 5 di febbraio, mercoledì, quasi un'ora dopo il mezzogiorno, si sconvolse il terreno in quella parte della Calabria che è confinata da' fiumi Gallico e Metramo, da' monti Ieio, Sagra, Gaulone e dal lido, tra que' fiumi, e la costa del mar Tirreno. Ma poscia la convulsione si estese all' intera Calabria Ulteriore, alla parte sud-est della Citeriore e, traversato il mare, a Messina ed a' suoi dintorni, abbracciando una superficie che stendesi fra il 38° ed il 39° gradi di latitudine. La concussione fu percettibile sovra una gran parte della Sicilia, e sul continente, a tramontana di Napoli; ma l' area su cui le scosse furono più spaventose non eccedette 500 miglia quadrate. Quella parte di suolo italico è principalmente composta di strati argillacei di grande spessore, contenenti conchiglie marine, associate talvolta con letti di sabbia e di calcare. Sembra però che nel marzo, epoca in cui non eran cessate, e di gran lunga, le vibrazioni Calabresi, si provarono scosse nelle isole di Zante, Cefalonia e Santa Maura.

(1) *Storia del Reame di Napoli dal 1734 al 1825*. Lib. II, vol. I, pag. 209 e seguenti.

(2) *Principles of Geology*. Vol. II, pag. 112 e seguenti. — V. anche Herschel *op. cit.* pag. 41.

Prendendo come centro la città di Oppido, nella Calabria Ulteriore, e descrivendo un circolo di 22 miglia di raggio, la regione compresa in tale spazio è quella che sofferse maggiori danni ed alterazioni. La prima scossa, il 5 di febbraio, durò cento secondi; ed in sì breve periodo centonove tra città e villaggi, stanze di centosessantesei mila abitanti, subissarono, con la morte di trentadue mila persone.

Una seconda catastrofe accadde il 28 di marzo, con violenza pressochè uguale. Durò novanta secondi, spense due mila e più vite umane; diciasette città furono interamente abbattute; altre ventuna rovinate in parte, in parte cadenti; i piccoli villaggi subissati o crollanti, più che cento; e (dice il Colletta) quel che un giorno stava ancora in sublime, nel vegnente precipitava; imperocchè i moti durarono sempre forti e distruggitori, sino all' agosto di quell'anno, sette mesi: tempo infinito, perchè misurato per secondi.

Il Dolomieu presenta, sulla geologia de' luoghi, le seguenti importanti considerazioni. — Gli Appennini, i quali in gran parte constano di solido e duro granito, con alcuni schisti micacei ed argillosi, formano nude montagne con iscoscesi pendii ed offrono segni di grande degradazione. Alla loro base scorgonsi più recenti strati di sabbia e creta, misti a conchiglie, deposito marino contenente le materie che risultar devono dalla decomposizione del granito. La superficie di questa formazione *terziaria* costituisce ciò che appellasi la Piana di Calabria, piat-

taforma lunga 28 miglia italiane e larga 18, senza altre soluzioni di continuità fuorchè i burroni che i torrenti hanno scavato, talvolta ad una profondità di 600 piedi. I lati di questi burroni sono quasi perpendicolari; poichè lo strato superiore, connesso e cementato dalle radici degli alberi, impedisce la formazione di un inclinato pendio. Il consueto effetto del terremoto era di sconnettere tutte queste masse, le quali non avevano basi corrispondenti alla loro mole, od erano sostenute soltanto da laterale aderenza. Segue da ciò che, lungo tutta la catena, il suolo che aderiva al granito alla base dei monti Caulone, Esopo, Sagra ed Aspromonte, scivolò lungo il solido e rapidamente inclinato nucleo, e discese alquanto più in basso, lasciando quasi senza interruzione, tra S. Giorgio e S.ta Cristina, spazio di circa 10 miglia, un vuoto tra il solido nucleo granitico ed il suolo sabbioso. Molte terre, così scivolando, furono trasportate a notevole distanza dalla primiera loro posizione, recandosi a coprirne altre; e molte legali controversie nàcquero, per vedere a chi la proprietà si appartenesse.

A tale proposito il sig. Mallet [1] osserva quanto segue. — La direzione e la velocità della traslazione dell'onda di terremoto varia occasionalmente, passando dai limiti di una formazione a quelli di un altra. Lungo la linea o il piano di congiunzione di

[1] *Report on the facts of earthquake phoenomena* negli Atti della *British Association for 1850*, pag. 38 e seg. — e *Dynamics of earthquakes*, nei *Proceedings of the Royal Irish Academy*, *for 1846*. Pag. 26 e seg.

due formazioni di differente elasticità, l'onda di terremoto cambia il suo corso ed eziandio la sua velocità, precisamente come un raggio di luce che passa da un mezzo ad un altro, per esempio, dall'aria all'acqua, o viceversa; e quivi l'onda si biparte: una porzione si rifrange, ed un'altra si riflette, e l'ultima parte dell'onda in tal caso si rivolge sopra sè stessa, dando origine ad una scossa in direzione opposta alla prima. Indi è che sulla linea di congiunzione, gli effetti distruttori debbono essere più grandi che altrove. Così nei terreni Calabresi, l'onda passando repentinamente da un corpo dotato di debolissima elasticità (qual'è la creta e la sabbia) ad un altro, come il granito, la cui elasticità è assai grande, dovette cambiare non solo la sua velocità, ma eziandio la direzione della sua corsa, una parte di essa riflettendosi ed una parte rifrangendosi. L'onda, per tal modo rimandata indietro, doveva produrre un urto, una ripercossa, sommamente fatale agli edifici sovrastanti.

A questa cagione voglionsi evidentemente attribuire certi fenomeni presentati dal terremoto delle Calabrie, i quali sembravano indicare un movimento vorticoso o circolare. Due obelischi, per esempio, posti alle estremità di una sontuosa facciata nel convento di S. Bruno, nella piccola città di S. Stefano del Bosco, subirono una singolare alterazione. Il piedestallo di entrambi rimase nell'originaria sua posizione; ma le sovraincumbenti separate pietre girarono parzialmente sopra sè stesse, restando

rimosse nove pollici circa dalla loro primiera disposizione, senza cadere (Fig. 3).
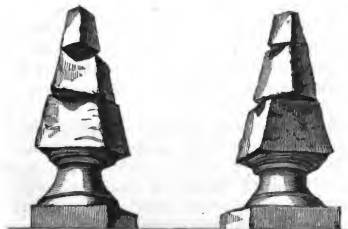
Fig. 3. — Obelischi di S. Bruno.

Uno studio veramente accurato, non fatto sinora, degli effetti prodotti dai grandi terremoti, col proposito speciale di determinare l'influenza che sul loro potere di distruzione esercita la varia natura dei materiali, condurrebbe certamente ad importantissimi insegnamenti. Il terremoto di Caracas del 1812 fu, per testimonianza di Humboldt [1], molto più disastroso nei gneiss e nei micaschisti della Cordigliera, che nelle soggiacenti pianure, massime in quelle di Varinas e di Casanara. Nella valle di Aragua molto deboli furono le commozioni, e a Coro, situata sulla costa, frammezzo ad altre

[1] *Narr. Pers.*, vol. IV, pag. 19.

città che molto soffersero, non sentissi scossa; differenze tutte che, al dire del dotto viaggiatore, non possono attribuirsi se non alla peculiare disposizione stratigrafica delle rocce.

In molti luoghi di Calabria una parte del terreno si alzò dal precedente livello, mentre la parte contigua si abbassava; larghi e profondi crepacci si aprivano, come accadde presso Polistena (Fig. 4).

Fig. 4. — Crepaccio presso Polistena.

Nella città di Terranova, alcune case furono sollevate al di sopra del comune livello, ed altre adiacenti sprofondate invece nella terra. Una massiccia torre circolare, fu spaccata da una fessura verticale, ed uno de' due lati fu innalzato per modo, che le fondamenta uscirono fuori dal suolo. Gli Acca-

demici Napoletani paragonarono il fenomeno ad un gran dente per metà estratto dall'alveolo, con la parte superiore delle radici fuori di esso (Fig. 5).
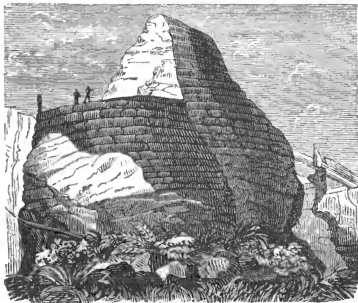
Fig. 5. — Torre di Terranuova in Calabria.

Dolomieu vide, nel convento degli Agostiniani in Terranova, un pozzo di pietra emerso fuori dalla terra, e somigliante ad una piccola torre cava di 8 a 9 piedi di altezza.

I movimenti ondosi del suolo produssero talora effetti di capricciosa apparenza. In alcune strade di Monteleone si vedevano alternate, una ad una, in altre due a due, le case atterrate e le preservate. In molte città di Calabria, tutti i più solidi edifici furono schiantati, mentre quelli più leggermente costrutti

resistettero al disastro; ma a Rosarno ed a Messina accadde precisamente l'opposto, i soli incolumi essendo ivi stati i fabbricati più poderosi e massicci.

A misura che l'onda di terremoto passava lungo la superficie del suolo, aprivansi e si richiudevano alternativamente fessure e crepacci, nei quali case, piante, greggie rimanevano inghiottite, per modo che, richiudendosi la voragine, più non appariva indizio dell'anteriore loro esistenza. Si narra di non poche persone le quali, sepolte da una prima scossa, furono da una scossa successiva restituite viventi alla luce. Ad Jerocarne le fessure laceravano il suolo in ogni direzione, presentando l'aspetto di
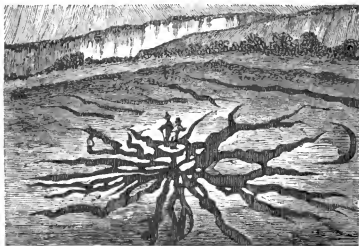
Fig. 6. — Fessure di Jerocarne.

quelle che si producono con un colpo che rompa una lamina di vetro (Fig. 6).

Alcune fra le voragini che si spalancarono in quella orrenda catastrofe sembrano indicare la caduta della terra in qualche sotterranea cavità. Tale una presso Oppido, nella quale un vigneto, un notevole numero di alberi di olivo, con una vasta quantità di terreno, vennero precipitati (Fig. 7).

Fig. 7. — Voragine formatasi presso Oppido.

E ciò nonostante, dopo il terremoto, rimase in quel luogo un gran vuoto, in forma di anfiteatro, lungo 500 piedi e profondo 200.

Molte fessure e voragini, formate dalla prima scossa del 4 febbraio, furono diminuite o chiuse, ed altre invece considerevolmente ampliate e sprofondate dalle violente convulsioni del 28 di marzo. Fra queste ultime, se ne misurarono alcune lunghe

quasi un miglio, e profonde 200 e più piedi, generalmente formate in linea retta, ma talune anche foggiate a semicerchio (Fig. 8).
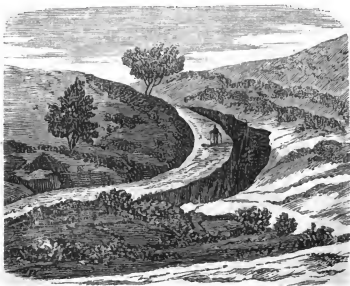
Fig. 8. — Crepaccio di Soriana.

Questa singolare forma semilunare, la cui curva è estremamente breve ed eccentrica, potrebbe fornire argomento a parecchie importanti considerazioni meccaniche: egli è difficile di concepire che una forma siffatta sia stata prodotta da una *frattura,* cioè da una percossa, per quanto violentissima. Assai più probabile è invece che l' urto primiero cominciasse a disaggregare il terreno, e che poscia la soluzione di continuità fosse accresciuta da secondarie e successive cagioni, e principalmente

dalla azione corroditrice delle acque, e dallo scoscendimento di strati poco coerenti ed eterogenei.

Non poche pianure furono lacerate da buchi circolari, la maggior parte del diametro di una ruota di carrozza, ma talvolta più o meno grandi. Pieni d' acqua fino ad un piede o due dalla superficie circostante, apparivano come alrettante vasche o peschiere (Fig. 9).
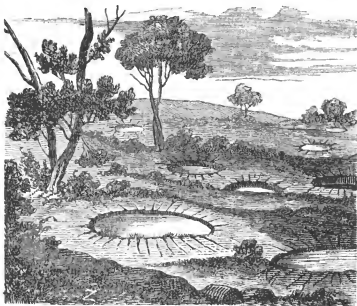
Fig. 9. – Pozzi di Rosarno.

Il più delle volte però l' acqua mancava, ed i pozzi non eran ripieni che di fina ed asciutta sabbia, talora con una superficie concava, in altri casi con una convessa.

Nello scandagliare quei fori, gli Accademici Napoletani li trovarono foggiati ad imbuto, come apparisce dalla qui unita sezione (Fig. 10).
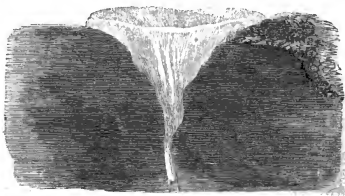
Fig. 10. — Sezione di uno dei fori circolari di Rosarno.

Parecchi fenomeni presentati dalle pianure di alluvione, e quello segnatamente dello zampillare repentino di nuove fonti all' istante della scossa, indussero taluni osservatori a supporre un alternato sollevarsi e deprimersi del terreno. Il primo effetto delle più violente scosse era generalmente di inaridire e prosciugare i corsi d' acqua, ma questi immediatamente dopo straripavano. Hamilton spiegava questi fatti coll' avvicendarsi delle onde terrestri, le quali al loro sorgere lasciavano asciutti i letti dei fiumi, ed al successivo loro ricadere con violenza facevano sprizzare l' acqua dalle fessure. Nei luoghi paludosi si formarono innumerevoli coni di sabbia.

Presso Polistena si aperse un piccolo stagno circolare simile, benchè più grande, a quelli indicati di sopra (Fig. 11).
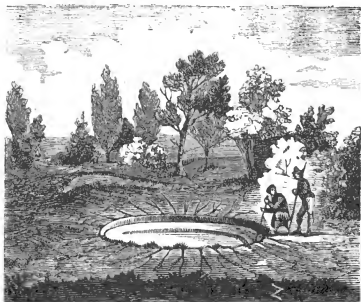
Fig. 11. — Pozzo di Polistena.

e nelle vicinanze di Seminara, un lago fu repentinamente creato dall' aprirsi di una voragine, dal fondo della quale scaturì acqua abbondante. Non lungi da Sitizzano, una valle fu quasi totalmente colmata dalla caduta di enormi massi staccati dalle latistanti colline; intercettando il corso di due torrenti, questa barriera diede origine ad un lago molto profondo, lungo 2 miglia e largo 1 miglio.

Presso la città di Soriano, le cui case furono atterrate dalla grande scossa del febbraio, una piccola valle contenente un bell'oliveto, chiamato Fra-Ramondo, ebbe a subire una singolare rivoluzione.

L'acqua del piccolo rivo Caridi penetrando in un gran numero di fessure, andò ad impregnare l'argilloso terreno, che, fatto molle come pasta,

Fig. 12. — Frane di Fra-Ramondo.

si modellò in mille differenti e strane forme, cambiando totalmente l'antico aspetto del paese. Il fiumiciattolo rimase intanto nascosto più giorni, e quando ricomparve, si era scavato un nuovo letto. (Fig. 12).

Nè meno notevoli sono i cambiamenti topografici avvenuti nel territorio di Cinquefrondi (Fig. 13).
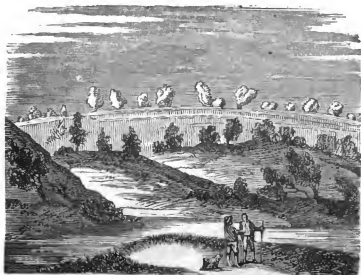
Fig 13. — Terreni scivolati di Cinquefrondi.

Il principe di Scilla aveva indotto un gran numero de' suoi vassalli a cercare salvezza nei loro battelli pescherecci, sovra uno dei quali erasi rifugiato egli stesso. Nella notte del 5 febbraio, una enorme massa di terra, staccandosi dal contiguo Monte Jari, precipitò. Il mare alzandosi repentinamente con una grande onda di oltre 20 piedi, e avanzandosi e poi ritirandosi dalla riva, inghiotti le barche e i loro ospiti, nel numero di 1430 persone, non che molti individui riuniti sulla spiaggia.

Gli abitanti di Pizzo osservarono che il 5 febbraio 1783, quando la prima grande scossa devastò la Ca-

labria, il vulcano di Stromboli mandava molto meno fumo e più esigua materia infuocata, di quello che avesse fatto da più anni usualmente. Dall' altro lato, il grande cratere dell' Etna emise notevoli quantità di vapore verso il cominciare, e lo Stromboli sul finire della convulsione. Il Vesuvio durò nella quiete.

Il numero delle persone che perirono in quella orrenda catastrofe, nelle due Calabrie ed in Sicilia, fu, secondo l' Hamilton, di 40,000, oltre a 20,000 che morirono poscia per l' epidemia cagionata dalla mancanza di viveri, dalle intemperie e dalla malaria, che tennero dietro al terremoto.

I più fra que' miseri rimasero sepolti sotto le macerie delle proprie case; ma molti furono arsi nelle conflagrazioni, che spesso seguivano le scosse. Questi incendi scoppiavano con singolare violenza nelle città che, come Oppido, possedevano grandi magazzini di olio. Quando tutti i cadaveri si scopersero, fu visto (dice il Colletta) che la quarta parte di quelli sciagurati sarebbe rimasta in vita se gli aiuti non tardavano; e che gli uomini morivano in attitudine di sgomberarsi d' attorno i rottami; ma le donne, con le mani sul viso, o disperatamente alle chiome; anche fu veduto le madri, non curanti di sè, coprire i figliuoli, facendo sopr' essi arco del proprio corpo.

A Terranova quattro monaci agostiniani, rifugiatisi in una sacrestia a vôlta, l' arco della quale continuava a reggere un immenso cumulo di rovine, fecero sentire le loro grida quattro giorni di seguito. Uno solo dei fratelli nell' intero convento era rimasto superstite; ed, impotente a rimuovere le enormi

macerie che coprivano i suoi compagni, ne sentì gradatamente affievolirsi e poi cessare le voci; e quando poscia i loro quattro cadaveri vennero dissepolti, furono trovati stretti nelle braccia gli uni degli altri in un supremo amplesso fraterno.

Una donna gravida restò trent' ore sotto i sassi, e dalla tenerezza del marito liberata, si sgravò giorni appresso di un bambino, col quale vissero e lungamente; interrogata di che pensasse sotto alle rovine, ella rispose con sublime semplicità: *Io aspettava!* Una fanciulla di undici anni fu estratta al sesto giorno e visse; altra di sedici anni, Eloisa Bosili, restò sotterra undici giorni serrando nelle braccia un fanciullo, che al quarto morì, cosicchè all'uscirne era guasto e putrefatto, senza chè l' infelice potesse liberarsi dall' abbracciato cadavere, perchè stavano serrati fra i rottami. Più meravigliosi per la tenacità della vita furono certi casi di animali: due mule vissero sotto un monte di rovine, l' una 22 giorni, l' altra 23; un pollo visse pure esso 22 giorni; due maiali sotterrati restarono viventi 32 giorni. E cotesti bruti e gli uomini portavano, tornándo alla luce, una stupida fiacchezza, nessuno desiderio di cibo, sete inestinguibile e quasi cecità, ordinario effetto del prolungato digiuno.

Numerose si ebbero le riprove dell' antica verità essere l' uomo fra le cose create l' ottima e la pessima. Molti paesani calabresi, abbandonati i loro poderi, accorsero alle città, non per soccorrere, ma per derubare gli infelici abitanti. — Contendevano il possesso del patrimonio due fratelli, ed erano

l' uno dell' altro adirati e nemici. Andrea cadde con la casa; Vincenzo ereditava il contrastato dominio; ma, sollecito, irrequieto, solamente intese a dissotterrare il fratello, e, fortunato, lo trasse vivo. Appena appena si ristabilirono i magistrati, l'ingrato Andrea, sordo alle proposte di accomodamento, ridestò il litigio e il perdè.

Ma del terremoto delle Calabrie basti, e volgiamoci ora ad altri non meno grandi episodi della storia sismica del secolo XVIII.

Giava, 1772. — Una delle più spaventose e straordinarie crisi plutoniche delle quali facciano menzione gli annali del mondo, avvenne nel 1772, quando il vulcano Papandayang entrò in un periodo di violenta eruzione. Prima che gli abitanti delle pendici della eccelsa montagna potessero salvarsi con la fuga, le fondamenta stesse sulle quali posa il vulcano cedettero, o più veramente, il cono scoppiò in frammenti, ed una gran parte del monte scomparve nell' abbisso. Si calcolò che la massa terrestre per tal modo scomparsa comprendesse una superficie lunga 15 miglia e larga 6. Il cono dalla originaria altezza di 9000 piedi fu ridotto a 5000. Quella catastrofe sembra essere stata somigliante, benchè su più ampia scala, a quella del Vesuvio nell' anno 79 dell'E. C, e fu da violento terremoto accompagnata.

Lisbona, 1755. — In nessuna parte della regione vulcanica dell' Europa meridionale è, nei moderni tempi, avvenuta una così tremenda convulsione, siccome il terremoto che cominciò a Lisbona il dì 1.° di novembre del 1755. — Nessun indizio precursore

aveva annunziato agli infelici abitanti l'orrenda strage, quando di repente un fragore come di tuono fu udito venire di sotterra, ed immediatamente seguì terribile scossa che subbissò una gran parte della loro superba città. Essendo il dì d'Ognissanti, molte persone erano congregate nelle Chiese; e ciò crebbe la mortalità. In meno di sei minuti 60,000 individui perirono! Essendo inoltre accesi tutti i fuochi, perchè era appunto l'ora che in ogni casa stavansi allestendo i desinari, e rilucendo nelle chiese infiniti lumi per la solennità del giorno, il rotolare di quei tanti fuochi sui pavimenti di legno, e il cadere de' candelabri sugli altari, e lo spaccarsi de' focolari e de' solai, e l'incontrarsi di tanti carboni e di tante fiamme in tante e tante combustibili materie, fece sì che presto il vorace elemento si propagasse e si appiccasse in tante parti della città, ove l'incendio divenne tosto universale (1). E quasichè il terremoto e l'incendio non bastassero a compiere la miseria della popolazione, vi si aggiunsero gli orrori del maremoto: chè il mare, ritiratosi dapprima, irruppe indi con una gigantesca onda, alta più di 50 piedi. Il molo della Dogana in riva al Tago, che era tutto di sassi quadri e grossissimi, largo da dodici a quindici piedi e alto altrettanto, e che per molti e molti anni aveva massicciamente sostenuto e represso il pesantissimo furore delle quotidiane maree, sprofondò e sparì di repente in

(1) *Lettere famigliari di Giuseppe Baretti a' suoi fratelli* — Lettera XIX. Sul Terremoto di Lisbona. - *Rev. C. Davy's Letters.* Vol. II, lett. II, pag. 12. - Herschel, *Familiar Lectures*, pag. 37.

siffatta guisa, che non ve ne rimase pur vestigio; e molte genti ch' erano corse sovr' esso per salvarsi nelle barche attaccate alle sue grosse anella di ferro, furono con le barche e con ogni altra cosa tratte con tant' impeto sott' acqua, anzi in una qualche voragine spalancatasi d' improvviso sottoterra, che non solo nessun cadavere tornò più a galla, ma neppure alcuna parte de' loro abbigliamenti; e l' acqua nel luogo, ove il molo sorgeva, venne da molti dichiarata d' innaccessibile profondità; ma Whitehurst dice ch' egli ne scandagliò il fondo a 100 braccia [1]. Le montagne di Arrabida, Estrella, Julia, Marvan e Cintra, furono impetuosamente scosse dalle fondamenta; ed alcune si apersero alla loro sommità, d' onde rotolarono enormi massi nelle sottoposte valli, mandando anche (dicesi) da quelle vette fumo e fiamme.

Ma ciò che geologicamente è più degno di nota, si è l' ampiezza dell' area su cui si estese quella convulsione. Si è calcolato, al dire dell' Humboldt [2], che il 1.° Novembre 1755, una porzione della superficie terrestre *quattro* volte più grande dell' Europa fu contemporaneamente scossa. La vibrazione fu sentita nelle Alpi e sulla costa di Svezia, nei fiordi del Baltico, nella Turingia, nella pianeggiante contrada della Germania boreale, e nella Gran Bretagna. Le sorgenti termali di Töplitz inaridironsi e poi riapparvero, inondando tutto intorno con acqua caldissima. Nelle isole di Antigoa,

[1] Whitehurst. *On the formation of the Earth.* Pag. 55.
[2] Humboldt, *Cosmos.* Vol. I.

Barbade e Martinica, dove la marea si alza di rado più di due piedi, salì repentinamente sopra 20 piedi, e l' acqua era nera come d' inchiostro. Sensibile fu pure il movimento nei grandi laghi del Canadà. In Algeri e a Fez, nel settentrione dell' Africa, l' agitazione era terribile, ed a non grande distanza dalla città di Marocco, un villaggio, abitato da 8 a 10,000 persone, fu, dicesi, inghiottito da una immensa voragine, che tosto si richiuse. Un bastimento, che veleggiava sull' Atlantico, non molto lungi da Lisbona, sentì la scossa, che produsse nell' equipaggio una sensazione analoga a quella di un urto negli scogli. Lo stesso accadde a tre o quattro altre navi che trovavansi in più alto mare. Notevolissima fu l' agitazione dei laghi, dei fiumi e delle sorgenti nella Gran Bretagna. Nel Loch-Lomond, per esempio, in Iscozia, l' acqua, senza la menoma causa apparente, si alzò contro le sponde del lago, e tosto ritornò al suo livello. Questo fenomeno venne spiegato con la supposizione che l' acqua non partecipi al subitaneo sbalzo impresso alla terra, cosichè quella salta sopra quel lato del bacino da cui l' urto è dato. Dicesi che il moto ondulatorio di quel terremoto viaggiò in ragione di 20 miglia al minuto, essendosi la sua velocità calcolata sugli intervalli corsi fra il tempo della prima scossa sentita a Lisbona, ed il tempo in cui il terremoto fu percepito in altri luoghi.

Non mancò in quella catastrofe, come già vedemmo, il fenomeno consueto della grande onda marina di terremoto. Nè solo a Lisbona; chè a

Cadice il flutto aveva, dicesi, l' enorme altezza di 60 piedi. A Tangeri, in Africa, esso si alzò e ricadde 18 volte sulla costa. A Funchal, nell' isola di Madera, sorse 15 piedi in linea verticale sull' alta marea. A Kinsale, in Irlanda, un corpo d' acqua entrò nel porto, impresse un moto vorticoso a parecchi bastimenti, ed allagò la piazza del mercato.

Chilì, 1751. — Il 24 Maggio 1751, l' antica città di Concepcion fu totalmente distrutta da un terremoto accompagnato da maremoto, fenomeno che già vedemmo di sopra essersi sui luoghi stessi ripetuto nel 1835. Una serie di simiglianti catastrofi è tracciata negli annali di quel fatato paese, risalendo fino all' anno 1590, al di là del quale non si ha più che la tradizione orale. Ma anche questa, raccolta dal Molina [1], parla di un' antica tribù di Araucani, viventi tra le Ande ed il Pacifico, distrutta in parte da un gran diluvio, da cui pochi salvaronsi fuggendo ad un' alta montagna chiamata *Thegtheg*, ossia « la Tonante ».

Perù, 1746. — La spaventosa catastrofe da cui nell' anno 1868 fu sconvolta questa contrada, fu preceduta da altre parecchie, fra le quali la più tremenda è quella del 28 di ottobre 1746. Nelle prime 24 ore sentironsi 200 scosse. Due volte l'Oceano si ritirò e due volte tornò impetuoso sulla terra: Lima fu distrutta, e parte della costa presso al Callao fu convertita in un seno di mare; e la stessa sorte toccò ad altri quattro porti, fra i quali Cavalla

[1] Molina. *Storia del Chilì*. Vol. II.

e Guanape. Sopra 23 bastimenti ancorati nel Callao, 19 furono sommersi; e gli altri quattro, fra i quali la fregata *San-Firmino*, vennero trasportati dalla violenza delle onde ad una grande distanza entro terra ed a notevole altezza sul livello del mare. Un vulcano eruppe nella medesima notte in Lucanas, mandando tale quantità di acqua, che una vasta estensione del paese ne rimase inondata. Lo stesso avvenne in tre altri coni vulcanici nella montagna chiamata Conversiones de Caxamarquilla.

§ 3.°

TERREMOTI ANTERIORI AL SECOLO XVIII

Giava, 1699. — Il 5 di gennaio di quell' anno un fiero terremoto scosse l' isola di Giava. Mentre molte case venivano spianate in Batavia, la fiamma ed il fragore di una eruzione vulcanica ne atterrivano gli abitanti, i quali seppero di poi che provenivano dal monte Salek, lontano sei giornate da quella città. Il giorno appresso un fangoso torrente si precipitò da quella montagna, trascinando un gran numero di piante, di buffali, tigri, rinoceronti ed altre belve, che rimasero sepolte alle foci.

Sicilia, 1693. — Tutta l' isola fu in quell' anno agitata da terremoti; ed il giorno 11 di gennaio, Catania e 49 altre città e borgate furono distrutte, con morte di circa 100,000 persone.

Giamaica, 1692. — Sconvolto da un violento terremoto, il suolo di quella bella isola ondolava

come il mare in tempesta, qua e là aperto e lacerato da larghe fessure, delle quali 200 o 300 furono sovente contemporaneamente vedute spalancarsi e richiudersi tosto. Molte persone furono inghiottite in quelle spaccature; talune restando con metà del corpo sotterra e metà fuori, serrate come da gigantesche tanaglie; altre, con la sola testa emergente dal suolo; altre dapprima precipitate e poi vomitate fuori dalla voragine, insieme a grande quantità di acqua. Tanta fu la devastazione, che nella metropoli, Porto Reale, tre quarti delle case col terreno su cui sorgevano, si inabissarono interamente, in una coi loro abitanti, sotto acqua. Una fregata fu trasportata sui tetti delle case.

Tempio di Giove Serapide. — Senza proseguire più oltre questa narrazione dei disastri qua e là prodotti dai terremoti onde la storia ci ha tramandato la ricordanza, e giudicando allo scopo nostro più che sufficienti gli esempi citati nelle precedenti pagine, reputo invece opportuno di descrivere con qualche maggiore particolarità i cambiamenti che nel lungo corso de' secoli le oscillazioni del suolo hanno determinato in una notevole parte dell'Italia.

Lo stato del Tempio di Giove Serapide; presso Pozzuoli, del quale offriamo qui una esatta immagine (Fig. 14), presenta una evidente riprova che il livello relativo della terra e del mare ha per ben due volte cambiato in quella contrada, dal cominciare dell'E. C. in poi, e che ognuno dei movimenti, tanto di alzamento quanto di abbassamento, è stato maggiore di 20 piedi.
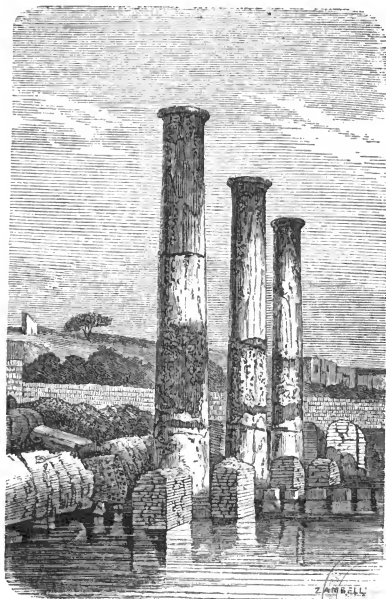
Fig. 14. — Tempio d. Giove Serapide.

Lunghe discussioni si agitarono fra gli archeologi intorno alla divinità alla quale quell'antico edificio era stato consacrato. È certo che, fra le immagini trovate nello scavar le rovine, una ve ne era del Dio Serapide. Appartenente alla mitologia egizia, questo nume, celebre specialmente sotto la dominazione dei Lagidi, ed il culto del quale passò a Roma nel 1.° secolo av. G. C., era il Dio principale dell' *Amenti* ossia inferno, e probabilmente non era che una delle trasformazioni di Osiride. A Pozzuoli fu trovata una colonna di marmo, sulla quale era incisa una iscrizione dell'anno 648 *ab urbe condita,* ovvero 105 av. G. C., intitolata « LEX PARIETI FACIUNDO ». Questa iscrizione, scritta in un latino molto oscuro, indica un contratto, tra il municipio della città, ed una compagnia di imprenditori, incaricata di ristorare i pubblici edifizi, fra i quali il tempio di Serapide viene espressamente indicato, siccome trovantesi verso il mare *(ad mare versum).*

Di questo celebre monumento sopravanzano tre colonne marmoree monolitiche, alte ciascuna circa 13 metri. Una fessura orizzontale interseca quasi interamente una delle tre colonne; le altre due sono intere; ma tutte sono leggermente inclinate a S. O., cioè verso il mare. La loro superficie è levigata ed intatta fino all'altezza di circa 4 metri dal piedistallo. Al di sopra di tal limite, è una zona, alta quasi tre metri, in cui il marmo è stato perforato da un mollusco litofago, che i Naturalisti chiamano *Modiola (Lithodomus* Cuv.*).* I fori fatti da quegli animali sono stretti alla esterna loro apertura, e

gradatamente si allargano nell' interno. In fondo a quelle cavità si trovano tuttora conchiglie, nonostante che un gran numero ne sia stato tolto dai visitatori. La grande profondità ed ampiezza delle perforazioni indicano chiaramente che l' animale ha lungamente soggiornato nelle colonne, poichè il litodomo fa, man mano che cresce, più vasta la sua abitazione (1). Da ciò noi dobbiamo inferire una immersione a lungo protratta delle colonne nell' acqua del mare, in cui vive la modiola, in un epoca in cui la parte inferiore dei monoliti giaceva sotto a strati di materie vulcaniche e di altre solide sostanze, e la parte superiore emergeva dalla superficie dell' acqua.

Sul pavimento del tempio sono sparsi i ruderi di altre colonne di marmo, perforati anch' essi in più parti; e sovra alcuni di essi altre specie di animali marini *(Serpula contortuplicata* Linn., *Vermilia triquetra* Lam.) sonosi anticamente stabilite.

Uno scavo eseguito nel 1828 sotto il pavimento marmoreo, su cui le colonne sorgono, scoperse un altro bel pavimento di mosaico, alla profondità di 5 piedi inferiormente all' attuale. L' esistenza di questi due pavimenti, a diversi livelli, induce a pensare che un abbassamento del suolo sia avvenuto, il quale rendette necessario di costrurre il nuovo tempio ad un livello più alto.

Dalla disamina di questi fatti i dotti hanno inferito che in un' epoca di cui la storia non fa menzione,

(1) V. Pouchet, *L' Universo*, trad. di Lessona, pag. 36.

per via di uno di que' movimenti del terreno che tanto sono frequenti nelle regioni vulcaniche, il tempio di Serapide siasi affondato nel mare, e che allora sia stato invaso dai molluschi litofagi. Ma un successivo movimento del terreno, in senso contrario operante, sollevò il monumento dal seno delle onde, offrendo ai nostri occhi meravigliati le dilapidazioni degli animali che lo avevano roso durante il suo soggiorno submarino.

Alcuni geologi, non potendo ammettere che il famoso tempio siasi affondato nel mare, e poi di nuovo emerso dalle onde, hanno supposto ch' esso non fosse che un serbatoio d' acqua marina, per allevarvi i molluschi tenuti per sacri. Ma la puerile spiegazione è eliminata oramai dalle numerose prove che si hanno come non solo il luogo ove sorge il tempio di Serapide, ma tutta la costa vicina sia andata soggetta, in un periodo non molto remoto, a considerevoli sollevamenti ed abbassamenti del suolo. Nè soltanto presso Pozzuoli, ma eziandio sull' opposto lato del golfo di Napoli, sul lido di Sorrento, una strada antica, con frammenti di edifici romani, è ora coperta dal mare; il quale pur anco ricopre uno dei palazzi di Tiberio nell' Isola di Capri; mentre altrove ed a non grande distanza, si hanno ponti romani ed altri vetusti monumenti, nei quali numerose perforazioni dei molluschi litofagi mostrano che, immersi una volta nell' acqua marina, ne furono risollevati in appresso [1].

[1] V. Lyell, *Principles of Geology*. Vol. II, pag. 176.

Del resto, in un ordine più generale di fatti e di idee, sono oggimai posti fuori di ogni contrasto il lento sollevarsi della penisola Scandinavica, dello Spitzberg, della costa di Siberia, della Scozia, del Galles, del Chilì e del Perù; ed il pure lento abbassarsi dei lidi della Manica, della Olanda, dello Schleswig, della Prussia, della Plata, del Brasile, della Giorgia, della Carolina e della costiera orientale della Nuova Olanda [1]. Il sig. Darwin, viaggiando nella Cordigliera delle Ande, osservò in moltissime parti ed a grandi altitudini, case antiche di Indiani, abbandonate, in luoghi nella cui vicinanza non era pur un filo di acqua potabile, in mezzo ad un suolo completamente sterile, senz'altra vegetazione, fuorchè quella di magri e stecchiti licheni. Il grande naturalista e viaggiatore non esita un istante a dichiarare che, quando i primitivi abitatori edificarono quelle case, il clima dell' alto Chilì era molto più mite dell' attuale; e che i cambiamenti sopravvenuti, non solo nella temperatura, ma eziandio nella topografia e nella natura stessa del suolo, i quali obbligarono gli abitanti ad emigrare da quella contrada, sono l' effetto del lento ma continuo sollevamento delle potenti masse della Cordigliera [2].

Questi fenomeni di lento estollersi od abbassarsi di vaste regioni e talvolta di interi continenti, non possono certo confondersi con le repentine convulsioni dei terremoti propriamente detti; ma è, dal-

[1] V. Boccardo, *Fisica del Globo*. Lez. XXIV, pag. 600, e il Capitolo ultimo della presente opera.
[2] *Voyage of the Beagle*. Pag. 357.

l' altro canto, assai difficile il mettere in dubbio l' intrinseca ed essenziale identità delle cause da cui gli uni e gli altri sono determinati, e le quali in sostanza si riassumono in ciò che la scienza ha convenuto di chiamare l' energia sismica del nostro pianeta, come in sul finire del presente volume sarà più ampiamente dimostrato.

CAPITOLO V.

Fenomenosismologia
Teoria dei Terremoti.

Sebbene troppo scarso sia tuttora il numero delle osservazioni sismologiche fatte con metodo e scopo veramente scientifico, e comecchè, per conseguenza, dovrebbe dirsi immaturo qualunque tentativo di una teoria completa dei Terremoti, alcuni fondamentali fenomeni sono già pur tuttavolta venuti nel dominio della Fisica del Globo, i quali reputiamo opportuno di qui ricordare, siccome quelli che, unitamente alle leggi crono-e-geosismologiche esposte nei Capitoli II e III, riassumono lo stato attuale delle cognizioni su questo ramo della scienza.

La scossa del terremoto è una vera *ondolazione* della crosta terrestre. Nei più violenti terremoti l'ondeggiamento è stato più volte persino visibile direttamente all'occhio, sia pel moto ondoso delle polveri e di altre materie leggiere alla superficie del suolo, sia per l'aprirsi e chiudersi successivo

di fessure sulla linea percorsa dalla vibrazione, sia pel piegarsi delle punte degli alberi, dapprima in una direzione e poi subito nell' altra, come appunto deve accadere al passare dell' onda nel terreno ov' essi hanno le radici. Più sovente però e durante le meno energiche scosse, non è possibile l' osservazione diretta dell' onda; ma allora è agevole il riconoscerla, mercè delle oscillazioni comunicate a fluidi, a pendoli o ad altri apparecchi acconciamente disposti.

I primi *sismometri* o *sismografi* (così appunto chiamansi gli strumenti destinati alla osservazione dei terremoti), la cui costruzione non rimonta al di là di un ventennio, avevano il difetto, comune allora a quasi tutti gli apparati della Fisica del Globo, di richiedere la continua presenza dell' osservatore, il quale doveva ricordare e notare, dopo ogni singola scossa, le loro indicazioni. In quella guisa medesima che il principio dell' automatismo è stato dalla meteorologia e dalla fisica applicato agli atmometri, ai barometri, agli anemoscopii, agli udometri ecc., così del pari la sismologia è ora in possesso di strumenti che si registrano da sè stessi, conservando il ricordo de' loro passati movimenti. Se non che, mentre trattandosi di fenomeni quotidiani (quali sono quelli concernenti la temperatura, la pressione atmosferica, i venti e simili) il difetto degli antichi strumenti riusciva sensibilissimo, siccome quello che imponeva agli osservatori uno sforzo veramente eroico di pazienza e di attenzione, l' inconveniente era in grado molto

minore da deplorarsi nelle osservazioni sismologiche, relative ad un fenomeno essenzialmente accidentale e riproducentesi solo (almeno nelle nostre contrade e nelle ordinarie circostanze) a lunghi e radi intervalli. Senza negare quindi l'utilità dei perfezionamenti che con lodevole sollecitudine i sismologi hanno a gara introdotto nei loro congegni, io penso che anche con un sismometro di antico modello possano condursi convenientemente siffatte osservazioni.

Del resto, tanto gli antichi quanti i moderni sismometri possono essere divisi in due grandi classi, secondochè sono fondati sullo spostamento dei liquidi o sul parziale movimento dei solidi.

Tra i sismometri non-automatici della prima classe, citeremo:

1.) Quello del Prof. Cacciatore di Palermo, consistente in un recipiente di forma emisferica, nel quale si mette una certa quantità di mercurio; otto, sedici ed anche trentadue orifizi equidistanti si aprono poco al di sopra del livello del mercurio, e corrispondono ad altrettanti canaletti, che si terminano ciascuno in un vasello. Si orientano gli orifizi in modo, che due degli orifizi opposti corrispondano al meridiano terrestre del luogo ove si fa l'osservazione, e allora, se succede una scossa ondolatoria, parte del mercurio è cacciata in due vaselli opposti, che indicano la direzione della scossa, mentre la quantità del mercurio versato può dare indizio relativo della forza della vibrazione.

2.) Un tubo o vaso cilindrico, a pareti imbiancate, e parzialmente ripieno di qualche liquido vi-

scido, pesante e permanentemente colorato con vivace tinta, la quale lascia la sua traccia sulla parete ed indica in qual direzione ha avuto luogo la scossa.

Sismometri non-automatici della seconda classe, sono i seguenti:

1.) Un pendolo libero di muoversi in qualunque direzione, porta in fondo una punta parzialmente immersa in uno strato di fina e bene asciutta sabbia, sparsa con uniforme profondità sopra la superficie concava di un piatto circolare, che sta al di sotto del pendolo. Sul lembo del piatto sono indicati i punti cardinali, ed il suo centro soggiace precisamente al punto di sospensione del pendolo in riposo; talchè una scossa terrestre, la quale faccia oscillare il pendolo, deve essere indicata sulla sabbia con una striscia tracciata dalla punta metallica.

2.) Il sismometro del Prof. Forbes, formato da un pendolo invertito, tenuto in direzione verticale da una molla alla sua base, e munito alla superiore sua estremità di una matita, atta a tracciare linee sopra un quadro adiacente, allorchè una vibrazione del suolo metta il pendolo in movimento.

3.) Il sismometro di Badge. — Come uno de' più semplici e le cui indicazioni sono sufficientemente esatte per le ordinarie osservazioni, io non esito a suggerire questo strumento, del quale porgo qui la figura. Quattro asticelle di acciaio, ciascuna delle quali porta sulla punta una pallottola di ferro, sono fissate verticalmente. Ognuna delle asticelle è munita di una denticera, sulla quale può appoggiarsi la punta di una molla fissata lateralmente; i piani di mo-

vimento delle quattro molle passano pei punti cardinali, cosichè ciascuna asticella è libera di fare una *semioscillazione* soltanto nella sua propria direzione, essendo poi subito fermata dalla punta della molla inserita nella dentiera, fino a che la sua posizione di spostamento sia osservata, e venga riposta in libertà.

Così, nella figura 15 P V è una delle asticelle d' acciaio, V la pallottola di ferro, *r* la molla, *s* la dentiera. Se noi supponiamo la direzione di questa molla nel piano verticale ad N S, una scossa venente dal mezzodì porterà il pendolo nella direzione P *m*, e la punta della molla cadrà in *n*, mantenendo lo strumento nella sua novella posizione, che mostrerà l' angolo *n* P V, misura della vibrazione.

4.) Il sismometro di Santi, consistente in due pendoli sospesi a due pareti disposte in piani verticali passanti pei punti cardinali, e liberi di oscillare in questi piani soltanto. Ciascun pendolo è munito di matita, la quale traccia l' arco di oscillazione, per l' uno da S. a N,, per l' altro da E. a O., o viceversa.
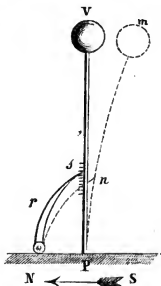
Fig. 15. — Sismografo di Badge.

Ma a questi e simiglianti antichi sismometri sonsi in oggi, come dissi, opportunatamente sostituiti, nei grandi osservatorii, strumenti automatici, precipui fra i quali sono i seguenti:

1.) Quello inventato da R. Mallet nel 1816. Consiste essenzialmente in cinque pendoli fluidi, ossia tubi di vetro, parzialmente riempiuti di mercurio, quattro dei quali per gli elementi orizzontali, ed uno per l' elemento verticale delle scosse. Lo spostamento delle colonne mercuriali interrompe il contatto in un circuito galvanico, il quale, operando sopra alcuni semplici organi di trasmissione, determina i movimenti di una matita, che traccia una linea sopra una lista di carta, la cui lunghezza è proporzionata al tempo durante il quale il contatto è rimasto interrotto, ossia all' amplitudine ed all' altezza dell' onda terrestre. Un movimento di orologeria svolge la lista di carta, che è ravvolta sopra un cilindro; la posizione del principio della linea di matita tracciata sulla carta in movimento indica quindi il momento in tempo dell' arrivo dell' onda, ossia l' istante iniziale della scossa; e la lunghezza della linea ne misura la durata ed insieme l' intensità.

2.) Il sismometro del Prof. Palmieri, formato di due distinti sistemi, l' uno pei movimenti verticali, l' altro per gli orizzontali. Il primo consta di un orologio, che registra la data e il tempo. Un circuito galvanico, includente un elettro-magnete, rimane sempre aperto, fuorchè nell' istante di un movimento verticale dell' intero strumento. Allora un polo di un filo di rame o di platino, tenuto so-

speso da un pesante disco al capo inferiore di una molla, cade sopra la superficie di un bagno di mercurio (formante l'altro polo), e chiudendo così il circuito, stabilisce l'azione elettro-magnetica, per cui l'orologio si ferma, facendo suonare un campanello. — Il sistema dei movimenti orizzontali od ondolatorii è composto di un analogo orologio e circuito galvanico, e di quattro tubi di vetri ad U, aperti ad ambi i capi, e contenenti eguali colonne verticali di mercurio. I piani verticali di due fra questi tubi ad U sono diretti rispettivamente da N. a S., e da E. ad O. Quelli degli altri due sono nei rombi intermedii. Immediatamente al di sopra, ma non in contatto colla superficie mercuriale in un limbo di ogni tubo, è tenuto sospeso un polo di platino, il mercurio stesso essendo l'altro polo dell'aperto circuito. Sulla superficie del mercurio nel limbo opposto sta un piccolo galleggiante, connesso, mediante una funicella di seta, ad una puleggia in un piano verticale, con un piccolo contrappeso, leggermente più pesante del galleggiante. Or bene, se un movimento venga impresso ad uno od a più dei tubi a U, che li tolga dal filo a piombo, ed alteri così i relativi livelli delle opposte superficie di mercurio nei due limbi del tubo, il tubo ad U che si inclinerà verso il limbo contenente il polo galvanico di platino stabilirà il contatto, e in quell' istante l'orologio si fermerà, suonando il campanello. — La quantità di spostamento nel livello delle due superficie di mercurio nei due limbi opposti, sarà indicata dalla distanza alla quale il piccolo galleggiante sarà tro-

vato innalzato sulla superficie di mercurio nell' altro limbo.

Qualunque siasi, fra questi o somiglianti, lo strumento adoperato nelle osservazioni sismologiche, le indicazioni che se ne ottengono dimostrano sempre che l' ondolazione, da cui la scossa di terremoto è caratterizzata, ha un reale movimento di traslazione, in questo senso cioè che il movimento si trasmette da uno all' altro punto contiguo della superficie terrestre. I casi di più scosse simultanee sono assai rari. La direzione delle scosse e della loro traslazione varia dalla verticale alla orizzontale o quasi orizzontale in qualsiasi azimut. Il moto di traslazione dell'onda terrestre è rettilineo e non curvilineo; i terremoti *vorticosi*, ammessi da Humboldt e da altri autori, non esistono, o, per dir meglio, la forma rotatoria o circolare che può assumere talvolta l' onda di terremoto, non è che l' effetto di cause secondarie, come l' incontro di rocce di differente struttura, densità ed elasticità, le quali, facendo rimbalzare l' onda, determinano una specie di vortice locale. Ma nella loro essenza ed origine, le scosse sono o verticali od orizzontali.

Ho già più volte accennato alle forti ragioni che abbiamo per supporre che identiche siano le sotterranee cause del terremoto e delle vulcaniche conflagrazioni. In quale maniera possa talvolta accadere che vaste masse della crosta terrestre vengano fuse per guisa da formare serbatoi di liquida o semiliquida materia, cui l' espansione dei gaz elastici spinge ad uscire dai crateri nella direzione delle

minime resistenze, procureremo di spiegare nella parte seconda di questo saggio. Prendendo ora siccome un postulato l' esistenza di cotali serbatoi di liquida lava nelle parti interne della terra, non è invero malagevole il comprendere come il vapore possa generarsi quante volte l' acqua piovana o quella del mare, penetrando attraverso alle rocce, giunga al contatto di quelle lave, e come per effetto del vapore così generato, la sovraincumbente crosta terrestre venga scossa e dislocata dalle sismiche vibrazioni.

Egli è partendo da questi ovvii principii che, sulle traccie dei più autorevoli maestri [1], noi possiamo riuscire a formarci un adeguato concetto della origine e delle leggi di propagazione delle onde di terremoto.

Nei movimenti determinati dalla forza elastica del vapore nelle rocce, è facile immaginare che si formino negli strati fessure e crepacci iniettati di fluida o gazosa materia, la quale può, giusta la maggiore o minore potenza d' impulsione, giusta la più o men grande resistenza dei materiali che incontra, essere talora rigettata fuori della superficie dalle bocche vulcaniche, o non arrivare sino all' aria aperta. In quest' ultimo caso, la percossa esercitata sugli strati inferiori deve comunicarsi ai

(1) Hopkins, *Geological Theories of Elevation and Earthquakes*, Brit. Assoc. 1847, pag. 33. — Mallet, *On the facts of earthquake phoenomena*, Brit. Assoc. 1850, 1858. — Id. *Great Neapolitan Earthquake* of 1857; in 2 vol. London 1862. — Lyell, *Principles of Geology*, 10.th edit. Chap. XXIX, vol. 2, pag. 135. — Herschel *Familiar Lectures*, Lect. I, London 1868.

superiori e determinare moti vibratorii propagantisi in tutte le direzioni, come onde del suono, traverso la crosta della terra, con variabile velocità, in ragione della violenza dell' urto primitivo e della densità od elasticità delle sostanze nelle quali esse passano.

Agli abitanti di una regione scossa dal terremoto l' onda o vibrazione sembra irradiare orizzontalmente dal punto della superficie ov' essa è originariamente sentita. Ma in realtà la forza non agisce in una direzione orizzontale siccome un' onda determinata da un sasso gettato in una vasca d' acqua; poichè in ogni punto, ad eccezione di quello che sovrasta immediatamente al centro d' onde parti la percossa, viene in su obliquamente dal basso, obbligando la terra a muoversi innanzi e indietro in una più o meno orizzontale direzione, talchè tutti gli oggetti i quali non partecipano immediatamente ai movimenti del terreno, quali appunto le mura degli edifici, sembrano muoversi in direzione contraria a quella del suolo, e cadono, per lo spostamento del loro centro di gravità, in virtù della inerzia della materia.

Il modo giusta il quale l' onda è trasmessa, apparisce dalla annessa Fig. 16.

Suppongasi che il centro da cui parte l' impulso giaccia parecchie miglia sotterra in A, e che la crosta terrestre sopragiacente sia omogenea. La scossa si trasmetterà in tutte le direzioni, come una vera onda di compressione, obbligando le particelle della materia vibrante a spostarsi di un certo spazio, e lasciandole poi subito ripigliare l' originaria loro

posizione, generalmente senza frattura della roccia. L'onda muovesi in forma di una serie di archi o spicchi sferici, le cui sezioni sono rappresentate nella figura 16 in *c c'*, *d d'* ecc. Quando il movimento
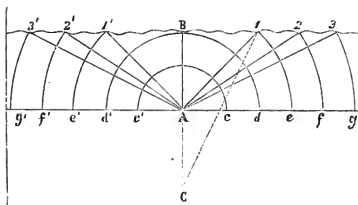
Fig. 16. — Modo di trasmissione di un'onda di terremoto da un centro sotterraneo d'impulso A.

estendesi a tutto l'arco *d d'*, il terremoto sentesi dapprima in sulla superficie ad un punto immediatamente sovrastante ad A. Questo punto B, dove la scossa è più violentemente sentita dagli abitanti, siccome il più prossimo all'originario impulso, chiamasi il *verticale sismico*. Le vibrazioni arrivano ai punti 1 ed 1' alcuni secondi più tardi, secondo la distanza di quei punti medesimi dal centro A. L'onda giunge successivamente ai punti 2 2', 3 3' ecc., e la sua emergenza alla superficie avviene in una serie di anelli concentrici gradatamente allontanantisi da B, dove l'urto fu primamente

sentito come mostra la Fig. 17. D' onde si scorge che l' onda o scossa vibratoria, tuttochè apparisca orizzontalmente propagata in tutte le direzioni da B, è realmente trasmessa da A. I circoli 1 1′, 2 2′, 3 3′ nelle figure 16 e 17 sono detti circoli cosismici, perchè tutti i punti compresi nella loro circonferenza sono scossi contemporaneamente. È agevole osservare che tutti gli spicchi sferici *c* e *c′*, *d* e *d′*,
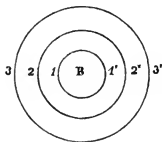
Fig. 17. — Verticale sismico e Punti cosismici.

ed i punti corrispondenti di emergenza 1, 2, 3 ecc., si riferiscono alla continuata trasmissione di un' unica scossa attraverso la terra, non già ad una serie di onde l' una all' altra succedentisi.

Per determinare il punto verticale sismico di un terremoto, conviene primatutto osservare la direzione nella quale i cammini, le statue ed altri oggetti sono precipitati dall' alto degli edifizi sui quali sorgevano. Cotali corpi, in virtù dell' inerzia, cadono generalmente all' indietro nella direzione da cui la scossa è venuta; ma qualche volta sono invece scagliati innanzi. In entrambi i casi servono ad indicare la direzione delle vibrazioni; e due o più linee di direzione così ottenute, e prolungate al loro punto d' intersezione, dànno il sismico verticale. Trovato questo punto, occorre determinare l' angolo di emergenza dell' onda a diversi punti della superficie.

Supponiamo un edificio rettangolare *d, e, f, g*, posto co' suoi muri principali nella direzione della scossa; ed immaginiamo che l'onda sismica emerga nella direzione della freccia A C. La scossa tenderà a produrre fessure *h h'*, *i i'*, ad angoli retti con la linea del suo transito. L' inclinazione di A C all' orizzonte, ossia l' angolo di emergenza essendo così conosciuto per induzione da quelle fessure, noi otterremo la posizione del centro sismico A da cui la scossa è partita, immaginando che la linea C *h'* sia prolungata fino al suo incontro con la linea verticale B A.
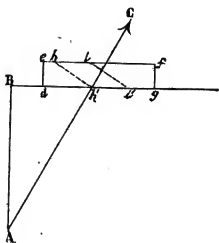
Fig. 18. — Angolo di emergenza dell' onda sismica.

Basta rappresentarsi la fig. 16, per vedere immediatamente che l' angolo di emergenza dell' onda a qualunque distanza data dal sismico verticale, dipende sempre dalla profondità del centro d' impulso; o in altri termini ch' esso angolo sarà sempre tanto più acuto quanto maggiore è la profondità come risulta dal paragone fra la linea C 1 con la linea A 1.

Questo metodo ci abilita a conoscere con sufficiente approssimazione la profondità dalla quale in

ciascun terremoto sono partite le scosse; ed applicato ad alcuni dei più celebri terremoti, esso ha dimostrato che questa profondità era relativamente assai piccola. Per esempio, nel terremoto del 1857, il signor Mallet ha provato che l'impulso non poteva essere stato generato a più di 8 miglia di profondità; considerazione anche questa che, unita a tante altre da me esposte nel presente libro, dee contribuire a farci rigettare la famosa ipotesi del fuoco centrale.

L'onda di terremoto ha una vera forma di maroso, culminante nel mezzo e gradatamente inclinata ai due lati; e quando la direzione della traslazione è orizzontale, la cresta dell'onda si avanza lungo una linea determinata e parallela sempre a sè stessa. Nei casi in cui l'urto percuote verticalmente la terra, osservasi che la demolizione degli edifizii e i danni sono molto maggiori nei luoghi ove la percossa ha avuto luogo (come nella città di Oppido nel grande terremoto delle Calabrie) e che tutto all'intorno la distruzione è man mano minore, a misura che la direzione dell'urto si fa vieppiù inclinata.

Le dimensioni dell'onda di terremoto, tanto in altitudine quanto in amplitudine, sono dipendenti dalla intensità o forza dell'impulso originario, dalla varia natura dei materiali che l'onda attraversa, e dalla distanza che percorre divenendo man mano evanescente. L'altitudine varia da pochi millimetri a più di un metro di altezza, e può realmente arrivare a dimensioni tragrandi, se è vero ciò che si

narra del terremoto di Riobomba, dove i cadaveri di parecchie vittime del disastro furono lanciati da una all' altra riva di un fiume di discreta larghezza. Quanto all' amplitudine, vi hanno onde di piccola mole ed altre di più miglia di larghezza; e si videro onde di terremoto impiegare da dieci a venti secondi a passare sopra un dato punto della superficie terrestre.

La vera e precisa velocità del transito dell' onda di terremoto non fu però mai rigorosamente accertata. Mitchell calcolò approssimativamente a 1760 piedi per secondo, ossia a 20 miglia per minuto primo la rapidità dell'onda del terremoto di Lisbona. Humboldt ridusse la cifra a 5 o 7 miglia geografiche per minuto. Il Sig. Sainte-Claire-Deville, discutendo sotto il rapporto della velocità di trasmissione dell' onda sismica, i documenti relativi al terremoto dell' 8 febbraio 1843, giunse alla conclusione che, giusta i numeri osservati, il movimento erasi trasmesso

Dalla	Punta-a-Pitre a	Caienna . .	1,666,700	metri in	440 "
»	»	S. Croce . .	370,000	»	400 "
»	»	S. Tommaso.	436,300	»	170 "

il che darebbe rispettivamente una velocità di 3788 metri, 925 metri e 2566 metri per secondo.

Il Sig. Pissis, ragionando sui dati osservati nel terremoto dell' Equatore e del Perù il 13 agosto 1868, ha calcolato la velocità dell' onda in 474 chilometri all' ora, ossia in una cifra notevolmente più piccola della minore delle tre cifre date da Sainte-Claire-Deville, giacchè i 925 metri al se-

condo che formano la seconda e minima valutazione data da quest' ultimo scienziato, dànno ancora 666 chilometri all' ora.

Ma il vero si è che tutti questi calcoli non hanno ed aver non possono che un assai mediocre valore scientifico; perocchè, supponendo eziandio che vengano determinati gli istanti in ciascun punto con tutta l' esattezza possibile (supposizione assai malagevole ad ammettersi, in mezzo a circostanze sopramodo acconcie a togliere ogni calma allo spirito) come mai potremo noi essere sicuri che vengano comparate precisamente le fasi di un medesimo fenomeno, che in un dato punto dura mezzo minuto, in un altro due o tre minuti al più?

A ciò s' aggiunga che nessuna *media* velocità può essere, in generale, stabilita; perocchè se ricordiamo che la scossa è un' onda dovuta alla elasticità dei materiali attraverso ai quali essa viaggia, la sua velocità deve quindi variare col variare di questi materiali medesimi, dipendendo dalla loro densità e dai loro diversi moduli di elasticità. Il Sig. Mallet instituì, a tale oggetto, esperienze accuratissime sulla sabbiosa costa della baia di Killiney in Irlanda, e sui duri graniti di Dalkey, producendo artificialmente scosse assai violente con lo scoppio della polvere pirrica. Egli trovò che: 1.°) nelle sabbie, l' onda percorreva, in media, per secondo 965. 461 piedi inglesi; 2.°) nel granito impuro, interrotto da vene eterogenee, la velocità fu di 1299. 74 piedi per secondo; 3.°) nel granito più compatto, fu di 1661. 36 piedi per secondo.

In una sua Memoria [1], pubblicata anteriormente a queste esperienze, il Sig. Mallet, partendo dall' ipotesi che le onde di terremoto siano vere onde di compressione elastica, concludeva che la rapidità del loro transito in varie masse solide ed omogenee sarebbe proporzionale alle radici quadrate dei moduli di elasticità delle rocce. Quale dovesse essere questa rapidità in masse discontinue ed interrotte, non diceva l' Autore. Grande fu però la sua meraviglia al vedere i soprascritti risultamenti delle sue esperienze, e sovratutto al trovare la rapidità dell' onda nella sabbia ridotta a meno di 966 piedi al minuto secondo, ed a circa 1662 piedi nel granito. È, infatti, da notare che il primo di questi due numeri cade tanto al di sotto della comune rapidità del suono nell' aria, quanto l' ultimo le sta al di sopra. *A priori* si sarebbe detto che la velocità nel compatto granito dovrebbe essere molto maggiore di quella che l' esperienza rivelava; e, tenuto conto della differenza dei moduli di elasticità della sabbia e del granito, se l' onda nella prima di queste sostanze era eguale a circa 966 piedi per secondo, non avrebbe dovuto essere inferiore ad 8000 piedi nell' ultima, ove fosse vera la proporzionalità ricordata di sopra.

[1] *Transactions of the R. Irish Academy.* Vol. XXI. — Sulla questione della velocità dell'onda sismica, V. lo stesso Mallet nel vol. del 1851 del *Report of the British Association for the advancement of Science;* Pissis e Sainte-Claire-Deville nel fascicolo del 23 Nov. 1868 dei *Comptes-Rendus*; Perrey, *Mem. Acad. de Dijon*, 1845-46, p. 367.

D' onde proviene tanta discrepanza tra l' ipotesi teoretica ed il pratico esperimento? A tale quesito ecco ciò che si può forse rispondere. — Una formazione perfettamente solida ed emogenea non esiste in natura. Qualunque sia la media della velocità di trasmissione dell' onda in un compatto blocco di roccia, la trasmissione effettiva attraverso a tutta la intera massa non dipende già soltanto dalla specifica densità ed elasticità dei materiali, ma eziandio dalla estensione e dal grado in cui la massa è interrotta e fessa, non che dalla natura e direzione delle fenditure. Se queste non sono che fratture aventi superficie l' una all' altra corrispondenti, e se queste superficie sono in piani perpendicolari al transito dell' onda o nella direzione di questa, produrranno il minimo grado di ritardo nella velocità dell' onda medesima, non che di estinzione nella sua forza e nel suo volume; ma quando le fessure sono o alternati letti pieni di materiali eterogenei alla massa della roccia, o spaccature in vari piani, a diversi ed incerti angoli di direzione, comparativamente a quella del moto dell' onda, il ritardo di questa e le dispersioni del suo volume e della sua forza debbono riuscire necessariamente più grandi, e talora divenire enormi.

Tutte le descrizioni che possediamo dei grandi terremoti sono concordi nel dimostrarci che la direzione e la velocità della traslazione dell' onda sismica varia notevolmente, nel passare da una formazione ad un altra. Lungo la linea o il piano di congiunzione di due formazioni dotate di differenti

elasticità, l'onda di terremoto cambia il suo corso ed eziandio la sua velocità (come avviene alla luce che passa dall'aria all'acqua o viceversa), e quivi stesso l'onda si biparte, una porzione si rifrange ed un'altra si riflette. e l'ultima parte dell'onda si ritorce sopra sè medesima, dando origine ad una scossa secondaria, in direzione opposta alla prima. È questa la cagione per cui, come già notammo, parlando nel Cap. II dei fenomeni osservati in Calabria nel 1783, sui punti di congiunzione di differenti rocce, più grandi che altrove sono gli effetti distruttori dei terremoti.

L'onda terrestre è, del resto, costituita da vibrazioni di grande rapidità e di assai breve durata in ogni dato punto della terra per cui ella passa. La forza di queste vibrazioni varia però entro estesissimi limiti, a cominciare da un lieve sussulto, simile a quello prodotto dall'avanzarsi di un carro lontano, fino alla più violenta concussione determinata da una mina che scoppi sotto i nostri piedi. Talvolta si ha una sola singola scossa; tal'altra, una rapida successione di urti; non di rado, una serie di scosse, alternate a riposi per lungo periodo di tempo. Quando il numero delle vibrazioni è di circa 16 per secondo (660 per minuto), l'osservatore non sente che una sola e continua scossa; ma al di sotto di tal numero, possono essere percepite e distinte le singole separate vibrazioni.

La totale durata del moto varia indefinitamente. Nei più grandi terremoti, le più violente scosse sono poche in numero, d'ordinario non più di tre

o quattro, e talvolta si riducono ad una sola, talchè in pochi secondi un' ampia contrada è devastata e sono schiantate dalle fondamenta le sue città.

L' esatta determinazione della durata di un così tremendo fenomeno, è però soprammodo difficile. Quella del grande terremoto di Caracas del 26 marzo 1812 da taluni fu stimata 50 secondi, da altri 1 minuto e 12 secondi. Il terremoto della Nuova Zelanda del 19 ottobre 1848, e quello di Siria del 1759 durarono 8 minuti. Si ha memoria poi di terremoti di assai più lungo periodo. Nelle Ande la terra fu sovente scossa per molti giorni di seguito; e sulle pendici orientali delle Alpi del Cenisio, presso Fenestrelle e Pinerolo, nell' America Settentrionale, a Nuovo Madrid a Nord di Cincinnati nel 1811, e in Aleppo nel 1822, si sentirono scosse d' ora in ora per varii mesi; e nell' isola di Zante le vibrazioni del suolo possono dirsi un fenomeno giornaliero. È opinione di Humboldt che questa protratta continuità di piccole scosse occorra soltanto nei luoghi lontani dai vulcani attivi; il che non sembra pur tuttavia potersi affermare come una legge generale, giacchè nella Nuova Zelanda nell' ottobre 1848 le scosse durarono per quasi cinque settimane, in un distretto eminentemente vulcanico.

L' area assoluta convulsa da un terremoto varia in limiti non determinati, ed è (sembra) in relazione con la intensità e con la forza della scossa. Si hanno (massime in mare) esempi di una singola scossa limitata entro a piccolissima area, ed allora

generalmente la direzione dell' urto è verticale. Ma nei grandi terremoti, enorme è la superficie sconvolta. Il terremoto del Nepaul del 1833 si estese sopra 7° di latitudine e su 15° di longitudine. Quello di Cutch nel 1819 si propagò da levante a ponente 5°, e da settentrione a mezzodì 6°. Nel terremoto di Lisbona (novembre 1755) una parte della superficie terrestre più che quadrupla dell' Europa fu scossa. Si calcolò che in quella terribile convulsione sismica l' area vibrante sia stata maggiore di 7,500,00 miglia geografiche quadrate; e supponendo che in profondità il moto non siasi esteso a più di 20 miglia in media, si ha che più di 150 milioni di miglia cubiche di materia solida vennero in quello spaventoso parosisma sconvolte!

La discussione delle descrizioni dei più celebri terremoti ha permesso pur tuttavolta alla Fisica del Globo di argomentare che, relativamente alla massa totale della terra, non è molto grande la profondità dalla quale partì l' originario impulso che produsse le scosse della superficie. Prendendo i limiti estremi orizzontali o superficiari, nei quali alcuni dei più grandi terremoti ricordati sonosi estesi, e supponendo (ipotesi fondata sopra una grande probabilità induttiva) che l'onda emergente a ciascuno di questi limiti non abbia avuto origine a profondità maggiore di quella che viene indicata dalla corda di un gran circolo la quale li connetta insieme, si può costrurre una tavola (V. in fine del Vol. Tavola V.), destinata a rappresentare la profondità della crosta terrestre nella quale deve collocarsi il

centrale ed originario impulso, che ha prodotto i terremoti medesimi. Stando ai risultamenti di questa tavola, l'origine supposta della più parte dei grandi terremoti non dovette essere molto profonda; in alcuni altri la profondità fu assai grande; ed in uno estremamente singolare caso, benchè sfortunatamente molto dubbio, si ha qualche fondamento a credere che una sola ed identica scossa di terremoto siasi sentita il 16 novembre 1827, in due luoghi posti quasi agli antipodi l'uno dell'altro, cioè in Ockotzk nella Siberia, e nella Columbia nell'America del Sud. Dove questa coincidenza fosse provata, se ne dovrebbe inferire che la originaria sede di quel terremoto fu molto prossima al centro della terra, dal quale invece sarebbero molto lontane le sedi originarie di tutti gli altri terremoti; nuovo ed importante argomento induttivo contro la teoria dell'esistenza del fuoco centrale e della sua diretta e universale efficienza nelle convulsioni sismiche.

Il più delle volte i terremoti sono preceduti ed accompagnati da suoni di sotterranea origine, sebbene si abbiano esempi di violentissime scosse non accompagnate da suoni di sorta alcuna. Del resto, l'intensità dei fragori non è punto in proporzione con la forza della scossa. Uno dei più formidabili terremoti che la storia del mondo ricordi, quello di Riobamba, non fu accompagnato da rombo o boato veruno. La specie del suono è stata molto variamente descritta, ed è probabile che nelle diverse occasioni differenti rumori si verifichino. Hum-

boldt parla di ronzi, rollamenti, e strepiti, simili a quelli prodotti dall' agitar di catene, o di sordi e cupi rimbombi, come quelli del tuono vicino, o di chiari e metallici suoni, come se masse di ossidiana o di altra sostanza vitrea fossero percosse nelle sotterranee cavità. Il Prof. Krashenikoff di Pietroborgo, parlando dei terremoti frequenti nel Kamsciatka, ne paragona il frastuono a quello che sarebbe prodotto da un forte vento sotterra. Altri udirono come il sibilo che produce il ferro rovente immerso nell' acqua; altri il rumoreggiamento di molte carra sopra una strada o, meglio, sopra un ponte; altri il suono di grosse e remote campane.

Una circostanza che suole accompagnare tutti i grandi terremoti, è l' emanazione di fuoco e fumo dalle fessure nuovamente aperte nel suolo. Ciò avviene principalmente nei luoghi ove la scossa agita e sconnette il suolo su punti direttamente al di sopra o molto presso ad un centro di azione vulcanica. La catena dell' àncora della *Volage* fu renduta incandescente ed in parte fusa, sulla costa dell' America del Sud, durante un terremoto. Alla stessa categoria di fenomeni appartiene quello, descritto dal capitano Tillaud, di un vulcano submarino, ch' egli vide alzarsi repentinamente sull' oceano, non lungi dall' isola di S. Michele, ed il quale in quattr' ore estolleva la sua cima 20 piedi sul livello dell' acqua con un diametro di circa 500 piedi, mandando nere masse di vapore, mentre al di sopra le dense nubi saettavano folgori, e tutt' intorno il mare bolliva, e parecchie trombe ro-

teavano e turbinavano, chiaramente indicando una violenta perturbazione dell' equilibrio elettrico. È questo uno dei rari casi che mostrano quanto davvicino possa l' uomo accostarsi talvolta alla *Atri janua Ditis*. Del resto le esperienze di Becquerel e di altri elettricisti hanno chiarito oramai che, quando viene operata una frattura in un solido, ne è conseguenza una potente perturbazione elettrica, la quale è naturalmente proporzionale alla superficie ed alle masse che sono fratturate. Allorchè adunque formasi nel suolo una fessura di più miglia di lunghezza, come quella (di cui parleremo nella seconda parte di questo libro) del Monte Frumento nella regione Etnea, enorme deve essere la convulsione elettrica, e non è punto da recar meraviglia se questa produce fenomeni simili a quelli del fulmine. È forse così che si spiegano i singolari bagliori e le insolite luci che non pochi testimoni oculari asseverano di aver veduto durante il terremoto di agosto 1868 nel Perù e nell' Equatore.

Tutte le descrizioni di quei terribili cataclismi sono concordi nell' accennare a grandi masse di polvere che si sollevano dal suolo, ingombrando l' aere ed oscurando profondamente la luce del sole. E chiunque abbia veduto la quantità enorme di polvere che si svolge da una rupe che facciasi saltare con una forte mina, agevolmente si dà ragione come un fenomeno proporzionalmente più grande, ma della stessa natura, si produca su vasti spazi, tostochè il terremoto atterri in un istante molti edifici e rovini intere montagne. Evvi però un' al-

tra meno apparente ma più efficace cagione che spiega la *nube*, dalla quale tutti gli osservatori ci dicono repentinamente avvolta la contrada in terremoto. Pel subito aprirsi di uno di quei vasti baratri e di quelli abissi profondi, i quali vedemmo esser prodotti dalle violente scosse del suolo, un' ampia cavità è istantaneamente spalancata, in cui la circostante atmosfera tende naturalmente a precipitarsi. Un vuoto parziale producesi allora per un momento sulla bocca della voragine; la grande massa d' aria sovraincumbente, in un istante rarefatta ed espansa, ha la sua capacità pel calorico accresciuta, la sua temperatura sensibile si abbassa quindi in proporzione; o, in altri termini più conformi all' odierno linguaggio della Fisica, una massa enorme di calore è convertita in lavoro meccanico; e così una grande deposizione di vapore, in forma di densa *nube*, si precipita sulla sottoposta contrada.

Notevolissimi sono i fenomeni che i terremoti determinano nel regime delle fonti, così comuni, come termali. Il terremoto di Lisbona del 1755 fece zampillare la novella sorgente di Neris, nell' atto che quelle di Toeplitz si conturbarono dapprima e poi si fermarono affatto, per far, quindi appresso irruzione con tale violenza, che i bagni dello stabilimento si trovarono ad un tratto sommersi. Le acque giacenti sopra strati impermeabili del sottosuolo sono talvolta repentinamente portate alla superficie, sia dal diretto passaggio dell' onda terrestre, sia pel secondario effetto delle masse terrestri franate e cadenti nelle cavità, ove il liquido ripo-

sava. Se il deposito d'acque non è a grande profondità, basta il semplice passaggio dell'onda terrestre, per farle emergere alla superficie; perocchè, secondo le generali leggi della meccanica, quando il moto vien comunicato a corpi elastici, lo strato superficiale, che non può trasmettere ad altri strati il moto ricevuto, come facevano l'una all'altra tutte le falde sottostanti, tende a staccarsi da queste ultime, come accade nella elementare esperienza di Fisica di una serie di biglie sospese a fili paralleli, l'ultima delle quali sola si stacca dalla serie, quando la prima è colpita e comunica il moto a tutte le altre; o come avviene se, tenendo in mano un bicchiere cilindrico quasi pieno di acqua, subitamente lo alziamo verticalmente e poi tosto lo fermiamo: si osserva allora che l'acqua esce in gran parte e cade dal vaso. Il vaso sia un pozzo, e sia il terremoto la forza che alzò il terreno in cui il pozzo è aperto, e si avrà tosto spiegazione dell'uscir. l'acqua dalle cisterne, di cui ci narrano le relazioni di molti terremoti.

L'acqua delle fonti e dei pozzi naturali è contenuta nella terra principalmente in due forme diverse, cioè 1.° in mezzo a strati impermeabili, verticali o inclinati all'orizzonte; 2.° in letti di sabbia o in caverne. Nel primo caso, quando l'onda di terremoto traversa le formazioni contenenti lame di acqua, fa sì che queste siano fortemente compresse fra le pareti, ed obbligate ad uscire nella direzione della minima resistenza. Nel secondo caso, accade dell'acqua raccolta nei sotterranei serbatoi ciò che vedemmo sopra avvenire dell'acqua conte-

nuta nel bicchiere. I coni di Rosarno, di cui parlammo nel Capitolo precedente, e i simiglianti pozzi aperti nel Chili durante i terremoti del 1822-23, si formarono appunto per la violenta e subitanea azione dell' acqua sottostante a quei punti delle sabbiose pianure superficiali, nei quali la resistenza dei materiali era minore.

In quanto poi alle fonti che nei terremoti si fermano e si esauriscono, sia temporaneamente sia in guisa permanente, è facile spiegarsi questi fenomeni mercè delle fratture delle roccie e della caduta di macigni, il cui spostamento intercetti il passaggio del liquido o gli apra un corso differente.

Uno dei secondari effetti dei terremoti che saranno forse più interessanti per la remota posterità, è la prodigiosa massa di resti organici d' uomini e d' animali, non che di opere umane, che resta per quelle convulsioni sepolta nelle più recenti formazioni geologiche. Mallet, dopo avere enumerato le terribili stragi fatte da alcuni dei più memorandi terremoti, fa il singolare calcolo seguente. — Supponiamo che ad ogni tre anni accada sul nostro globo un grande terremoto; e noi sappiamo che la supposizione è piuttosto inferiore che superiore al vero. Supponiamo che in ciascuna di quelle catastrofi, 10,000 esseri umani rimangano sepolti. Ciò basta perchè, negli ultimi 400 anni della storia del pianeta 13,000,000 di persone siano così state inghiottite nelle viscere della terra. Queste catastrofi (prosegue il dotto fisico) si estendono al mondo ve-

getale: benchè poco tempo sia trascorso dopo che il terremoto sconvolse i piani Calabresi, vi si potrebbero pur tuttavolta già fin d'ora, con opportuni scavi, scoprire avanzi capaci di spargere molta luce sulla natura di quei finora misteriosi procedimenti, coi quali le forme vegetali sono mineralizzate e conservate, e trovare molti tronchi d'alberi sepolti nella sabbia convertiti in carbone od in lignite. Ma per quanto siano grandi, sotto questo rispetto, gli effetti dei terremoti, più grandi ancora sono forse quelli dei quotidiani ordinari eventi della vita della natura. I soli naufragi fanno certo un numero maggiore di vittime, che i cataclismi sismologici; e quando il giorno verrà in cui i profondi letti dell'Oceano restituiscano i loro morti, il geologo ed il paleontologo delle età future troveranno infiniti tesori aperti alle loro ricerche.

È egli possibile prenunziare un terremoto? Possiede ancora la scienza indizi sufficientemente sicuri per pronosticare l'avvenimento di una di queste catastrofi? — Non intendo già qui parlare della previsione a grandi distanze nel tempo; poichè gli studi dell'Abate Scina, di Von Hoff, di Merian, di Hoffmann, di Cotte, di Perrey, di Mallet, hanno oramai posto in chiaro che una certa benchè molto complessa relazione esiste tra i fenomeni astronomici e meteorologici, da una parte, ed i terremoti dall'altra; e nel Capitolo II di quest'opera ho accennato le osservazioni, dalle quali risulta l'esistenza di alcuni rapporti fra la relativa frequenza dei terremoti e i differenti periodi annuali e secolari.

Ma, indipendentemente da queste generali induzioni relative a lunghissimi intervalli di tempo, esiste egli (ripeto) un qualche segno certo e costante, che preceda i terremoti e ne dia indizio, se non sicuro, sufficientemente credibile?

In Italia è assai comune opinione che una certa melanconiosa e morta calma dell' atmosfera, un' afa soffocante, un orizzonte carico di vapori, un rosso ed infuocato colore dell' aere, siano precursori del tremendo fenomeno; ed il loro più o meno mal definito complesso chiamasi sovente dal nostro popolo *Aria di terremoto.* È questo un errore, o almeno l' attendibilità di un tale presagio è contraddetta da tutti i più autorevoli osservatori che soggiornarono nelle contrade le quali, come Cumana, Quito, il Perù, il Chili, sono più frequentemente agitate da violente scosse.

Un' altro indizio si pretese già di ritrarre di terremoto vicino, dallo straordinario agitarsi degli animali domestici. Il Prof. Poli, nella sua Memoria sul terremoto del 26 luglio 1803, cita ripetuti esempi di questa supposta prescienza delle bestie, alla quale però non sembra potersi accordare guari più grande e più sicura fiducia che a quella degli uomini. Dice l' Hamilton (ed è probabilissimo) che durante le scosse, i cavalli ed i buoi distendevano molto largamente le loro gambe, per evitar la caduta, prova ad un tempo della velocità grande della vibrazione, e della potenza dell' istinto, che rivela ai bruti una legge della meccanica sullo spostamento dei centri di gravità. Soggiunge lo stesso autore che i verri,

i buoi, i cavalli, i muli e le oche sembravano avere penosa coscienza dell' imminente terremoto delle Calabrie; e che più d' una volta il nitrito d' un cavallo, il raglio di un somaro, od il grido di altro animale bastò per far uscire dalle loro case gli abitanti, in aspettazione di una scossa. Tutti gli uccelli sembrano presentirne l' appressarsi; ma più di tutti gli altri animali le oche, i maiali ed i cani. I coccodrilli dell' Orenoco, torpidi per ordinario e muti, fuggono atterriti dal turbato letto del fiume, e cercano mugulando un rifugio nella profonda foresta. Von Hoff accenna ad un presentimento *(vorgefühl)* che taluno credette di osservare in molti animali, parecchi istanti prima di un terremoto; e cita anche uomini che lo provarono, sotto le forme di una tendenza all' emicrania, alla vertigine ed al vomito. I Cirricelli, piccoli pesci che stanno nelle acque profonde, vennero a galla durante il terremoto Calabrese, e furono pescati in grandi quantità.

Si consultò molto spesso il barometro, per riscontrarvi qualche indizio sismologico; ma con molta incertezza e poca felicità di successo. In un grande terremoto della Nuova Zelanda, si osservarono i fenomeni seguenti: nei nove giorni che precedettero la convulsione, il barometro era stato alto; ribassò durante i giorni della catastrofe, per rialzarsi di nuovo quando fu cessata. Ma Humboldt ha trovato che le variazioni orarie della colonna barometrica non sono punto alterate dai terremoti nell' America meridionale; e la stessa cosa ha mostrato Erman per l' Asia. All' istante delle due prime scosse del

terremoto di Cumana nel 1799, Humboldt notò una forte esplosione elettrica a grande altezza, e pochi istanti prima una violenta bufera, succeduta da pioggia. Il barometro era alquanto più basso del solito, ma il procedimento delle oscillazioni orarie non fu interrotto; la scossa accadde proprio al momento di un minimum. Cotte pensa invece che il barometro si alzi durante i terremoti. Hoffman lo vide abbassarsi a Palermo. Mallet riferisce dodici esempi bene accertati di terremoti, nei quali il barometro non si abbassò, e nove casi nei quali discese.

Non minore è l'incertezza dei risultamenti delle osservazioni termometriche. Nel citato terremoto della Nuova Zelanda la temperatura si alzò notevolmente, ma proseguì ad alzarsi anche nei giorni che succedettero alla convulsione. Durante il terremoto che afflisse il Piemonte nell'anno 1808, il termometro segnalò un leggero abbassamento all'istante di ogni scossa.

Molto importanti sono, in ordine ai terremoti, le osservazioni udometriche. È frequentissimo il caso di grandi pioggie che precedano il terremoto. Ciò si collega più intimamente che altri forse non pensi con una delle più efficienti cagioni così dei terremoti come delle eruzioni; e noi ne terremo speciale ragionamento nel Cap. VI della parte seconda di questo volume, là dove esporremo la generale teoria dei fenomeni vulcanici.

Degne di considerazione sono le osservazioni dell'elettrometro e del magnetometro. Eandi notò l'elettrometro di Volta molto agitato durante le lunga-

mente protratte scosse di Pinerolo, nell'anno 1808; ma quand'anco osservazioni di tal fatta fossero assai più numerose di quelle che pur troppo non sieno, sarebbe difficile il trarne qualche sicura illazione, giacchè molte e di diverso genere sono le cause che produrre possono movimenti ed agitazioni in un delicatissimo strumento, sensibile persino all'accidentale passaggio di una nube.

In quanto al magnetometro, Humboldt durante il grande terremoto di Cumana (4 novembre 1799) trovò inalterate la declinazione e l'intensità, ma assai diminuta (di 48′) l'inclinazione. Tranne quest'unica eccezione, egli osservò perfettamente invariati gli strumenti magnetici in tutti i terremoti da lui sperimentati nei pianori di Quito e di Lima. Arago e Biot notarono eccezionali movimenti nei loro magnetometri in Parigi, nell'istante in cui un leggero terremoto scuoteva la Svizzera ed il mezzodì della Francia. Ma in simili casi il movimento degli aghi è esso dovuto a cause magnetiche, oppure all'azione meramente meccanica delle pulsazioni comunicate alla terra?

Anche l'anemometro è stato consultato dai Fisici nella occorrenza di terremoti. È (come già notammo) opinione assai accreditata che queste convulsioni siano d'ordinario precedute da una insolita calma dell'atmosfera; e ciò veramente si è verificato in molti casi, fra i quali possiamo citare le scosse del 1704 in Inghilterra, del 1754 nell'Asia Minore, del 1759 in Aleppo. Ma, dall'altro lato, si hanno esempi non pochi di grandi terremoti pre-

ceduti da gagliardi venti. Tale fu il caso del terremoto dell' anno 359 nell' Asia Minore; di quello del 1703 a Roma; di quelli del 1824 e del 1829 negli Abruzzi ecc.

Quando la teoria degli Uranoliti era molto lontana ancora dallo essere costituita sulle solide basi, che le hanno dato i lavori dei moderni astronomi e sopratutto quelli di Schiaparelli e di Secchi, e quando, nello stato sommamente imperfetto delle cognizioni intorno a quella specie di fenomeni, si ammettevano ancora misteriose relazioni tra i medesimi e quelli della terrestre vulcanicità, si reputò che alla conoscenza delle leggi sismiche giovar potesse l' osservare la coincidenza delle piogge stellari e della caduta di bolidi e di pietre meteoriche, con le accidentali vibrazioni del suolo. Fu notato così che l' apparizione di cotali meteore fu contemporanea con terremoti negli anni 95 av. C., e dopo C. 893. 1001. 1325. 1640. 1674. 1683. 1703. 1737. 1752. 1756. 1810. 1821. 1822. 1824. 1828. 1829. 1831. 1833. 1835. 1868. Humboldt osserva che precisamente prima del grande terremoto di Riobamba, una straordinaria pioggia di stelle cadenti fu veduta a Quito (4 febbraio 1797); e il giorno 11 di novembre 1799, egli stesso e Bonpland furono spettatori di un tale fenomeno, mentre il terremoto scuoteva il suolo di Cumana. Ma dacchè Greg, Herschel e Wood hanno in questi ultimi tempi dimostrato che dal 4 al 15 ed anche fino al 26 febbraio si estende uno dei periodi radianti meglio determinati, e soprattutto dacchè il periodo di

novembre (che comincia appunto il 10) è stato accertato siccome uno dei punti singolari nella legge di periodicità delle stelle cadenti, e siccome quello a cui appartiene una vera corrente meteorica che segue l'orbita della famosa cometa di Biela, queste coincidenze hanno in verità perduto ogni importanza sismologica, e non possono oramai più considerarsi se non come meramente casuali accidentalità.

Le aurore polari, delle quali è oggimai indubitata l'intima connessione con l'elettricità e col magnetismo terrestre, furono sovente osservate prima e dopo i terremoti, ma non conosciamo esempi di contemporaneità accertata fra i due ordini di fenomeni.

Vi hanno poi molte vicende atmosferiche, più o meno esattamente e rigorosamente osservate durante i terremoti, e che possono bensì avere con questi una certa relazione di causa ad effetto, o reciprocamente, senza che però sia possibile, nello stato attuale della scienza, il definirla con precisione. Tale è il colore strano del cielo a Lisbona il 1.° di novembre del 1755; tale la fitta nebbia che coperse la Calabria durante il terremoto del 1783. Il 12 agosto 1824, mentre il suolo della Toscana vibrava, il sole apparve velato e simile ad una luna. Il giorno 8 febbraio 1830, nell'atto che il suolo era scosso, una densa nebbia, avente un cattivo odore, ingombrò l'aere per tre ore, nei dintorni della città di Agram.

Riassumendo adunque il sin qui detto, le cognizioni nostre sulle cagioni dei terremoti e sul com-

plesso di fenomeni che determinano ed accompagnano queste sinistre convulsioni della natura, sono (bisogna pur confessarlo) molto imperfette finora. Ciò che vi ha di indubitabile, si è l' intimo rapporto che passa fra le cause che producono i terremoti e quelle che dànno origine ai vulcani ed alle vulcaniche eruzioni. La prossimità inoltre delle zone terrestri, sulle quali l' azione sismica è più energica e più frequente, ai grandi bacini marittimi, è anch' essa un fatto troppo accertato e di un ordine troppo generale, perchè sia lecito allo spirito induttivo della scienza il dargli un carattere meramente accidentale e secondario.

È del pari più che probabile che le cause misteriose le quali producono sia le combustioni vulcaniche, sia gli scuotimenti sismici, abbiano la più stretta relazione con l' elettricità e col magnetismo terrestre, due forze che, a loro volta, sono così intimamente collegate a quella del calore. Noi sappiamo, che correnti elettriche e magnetiche passano continuamente, con variabile attività ed energia, attraverso ad enormi volumi della massa terrestre, le cui diverse parti possiedono molto differenti poteri conduttori. È egli possibile che quelle correnti, costrette a traversare masse poco conduttrici, a grandi profondità, in certe formazioni, determinino l' ignizione delle materie che incontrano? Non può egli accadere che, in quelle gigantesche sotterranee bocce di Leida, l' elettricità si accumuli ed arrivi ad uno stato di straordinaria tensione, capace di produrre le più

enormi conflagrazioni? Tra le grandi linee della attività vulcanico-sismica, e le linee isogoniche, isocliniche ed isodinamiche del terrestre magnetismo, non esiste ella forse una certa relazione? E le prime di queste linee non sono esse sensibilmente normali alle curve superficiali di eguale intensità magnetica? Uno sguardo comparativo alle carte magnetiche di Gauss ed alle mappe della attività sismico-vulcanica, trae e quasi direi sforza la mente a queste ardite congetture.

Dall' altra parte, i nobili studi di Sabine, di Secchi e di altri grandi uomini hanno posto in sodo l' esistenza di profonde, tuttocchè non compiutamente determinate, correlazioni tra le variazioni della elettricità e del magnetismo terrestre, ed alcuni grandi fenomeni astronomici, e soprattutto le macchie solari. Per guisa che, quando gli sperati progressi delle scienze riuscissero, da una parte, a chiarire una diretta connessione, e forse un rapporto di causalità, fra le forze elettro-magnetiche e l' azione plutonica, e, dall' altra, ad assegnare le leggi giusta le quali quelle forze medesime sono modificate dai movimenti della terra e dai fenomeni della fisica solare, i vulcani ed i terremoti cesserebbero allora di essere considerati siccome misteriose e fortuite perturbazioni, e rivestirebbero invece il carattere di altrettanti anelli della grande immensa catena di fatti, in cui si risolve la vita dell' Universo. Il famoso *nil saltatim in natura* troverebbe la sua applicazione anche alle crisi in apparenza più violente e più accidentali; e noi sa-

remmo in possesso di una prova di più di quella suprema unità e semplicità di organamento della macchina del mondo, alla quale sembrano accennare dalle più diverse parti i recenti progressi di tutti i rami della umana enciclopedia [1].

[1] Questa tesi fu adombrata (egli non osa dire trattata) dall'autore delle presenti pagine, in un breve saggio sulla *Connessione delle Scienze*, contenuto nel Vol. II degli *Atti dell'Istituto Tecnico di Genova*. Essa forma inoltre il teorema fondamentale ch'egli si è studiato di svolgere nella sua *Fisica del Globo*.

PARTE SECONDA

VULCANI

CAPITOLO I.

Le riazioni plutoniche ed i grandi Circuiti vulcanici.

Uno dei più segnalati caratteri della scienza nel secolo XIX, è quella sua larga e comprensiva tendenza sintetica, per cui molti fenomeni creduti un tempo dipendenti da cause fra loro profondamente distinte, vengono man mano raccogliendosi sotto l'impero di una sola legge e da un'unica filosofica teoria ricevono spiegazione. Le differenze accidentali accuratamente esaminate nel lavoro paziente dell'analisi, sono poi eliminate nell'opera ricostruttrice della sintesi; la quale scoprendo i rapporti, determinando le analogie, scrutando le reciproche dipendenze e le scambievoli causalità, trova il possente nesso che insieme collega le forze della Natura. Nessuna indagine differenziale può giudicarsi oramai legittima nè feconda, se non a patto

di esser guida preparativa ad una successiva integrazione.

Questa verità, di cui possono vedersi ogni giorno gli esempi in tutti i rami delle scienze fisiche, apparisce segnatamente in quella al cui studio queste pagine sono consacrate. Sono in folla i fenomeni della geologia e della fisica del globo, i quali, non è ancora scorso un mezzo secolo, si consideravano siccome essenzialmente eterogenei, e che ora si riconoscono invece dalle più intime e strette relazioni insieme connessi e dominati da una sola ed identica categoria di cagioni. — Terremoti, sorgenti termali, esalazioni gazose, sollevamenti ed abbassamenti del suolo, eruzioni vulcaniche, ecco altrettante manifestazioni di quella che da Alessandro Humboldt in poi usiamo chiamare *riazione delle forze interne contro la superficie del pianeta.*

Egli è vero bensì che quale sostanzialmente sia la causa genetica di questa riazione, la scienza ignora sinora e forse non saprà mai con certezza, essendo malagevole assai il supporre che possa venire il giorno in cui le sia conceduto di soggettarla alla diretta osservazione ed esperienza, unica via sulla quale sia dato cercare e trovare la verità.

Fra le manifestazioni di quelle arcane interne forze, che producono le riazioni plutoniche, procedendo nell'ordine inverso della loro generale potenza dinamica, le prime che si presentino alla considerazione nostra sono le emanazioni gazose.

In molte parti del globo le rocce terrestri esalano materie aeriformi di assai svariata composi-

zione. I più comuni fra quelli effluvi sono di gaz acido carbonico, quasi sempre senza mistura di azoto. La Grotta del Cane presso Napoli è uno dei più celebri esempi di questa specie di esalazioni, ed una immensa quantità dello stesso gaz si sprigiona dal terreno della Limagne di Alvernia in Francia. Altrove le emanazioni constano di gaz idrogeno solforato; più raramente di acido solforoso o di idroclorico; finalmente ve ne hanno di gaz idrogeno carbonato, quali son quelle che da migliaia di anni adoprano i Cinesi della provincia di Tsetchuan nella illuminazione e nello scaldamento, usi ai quali le applicano pure gli Americani di Fredonia nello Stato di Nuova-York.

Una delle più comuni e delle più popolarmente conosciute esalazioni gazose, ma proveniente non dalle profondità della terra, bensì invece dalle materie in dissoluzione sulla sua superficie, è il *fuoco fatuo*, nome che si dà ad una fiammella erratica e leggera, prodotta dalle emanazioni di gaz idrogeno fosforato, le quali si alzano dai luoghi palustri e dai terreni contenenti materie vegetali ed animali in decomposizione, e specialmente dai cimiteri; fiammelle, che con grande spavento dell'ignoranza si accendono ad una piccola distanza dal punto ove emergono, venendo a contatto con l'ossigeno dell'aria.

Ma ben diverse da queste fuggitive apparizioni (nelle quali la volgare fantasia vede, con arcano senso di terrore, gli spiriti irrequieti dei trapassati) sono le emanazioni gazose provenienti dal profondo lavorio delle riazioni chimiche operantisi nelle îme

rocce della crosta terrestre; emanazioni non temporanee o sporadiche, ma continue o aventi lunghi periodi, dotate di proprietà molto caratteristiche, e generalmente fornite di un alto grado di calore.

Nell'antichità, che amava popolare l'universo di divinità simboleggianti le forze naturali, le sorgenti di gaz infiammabili e le montagne ardenti fornirono argomento a più di una leggenda della mitologia. La Chimera, mostro fantastico che dalle aperte fauci mandava fiamme vorticose, siedeva sul Cragus, erto promontorio della Licia, di cui Strabone descrive le otto punte culminanti, e Plinio racconta che serviva di faro ai nocchieri. Un simigliante fenomeno osservarono e dipinsero con gli stessi colori gli Antichi, presso la città di Phaselis (odierna Deliktash) nella Caramania; ed un altro, non lungi da Cesarea in Cappadocia, a' piedi dell'Argeo, spento vulcano.

Dovrò ritornare fra poco a far cenno di queste ardenti fontane, le quali devono l'alta loro temperatura e la chimica composizione ai luoghi stessi dai quali scaturiscono. Tutte le osservazioni, infatti, che vennero instituite sulla temperatura delle miniere e dei pozzi artesiani hanno costantemente dimostrato che l'intensità del calore cresce con la profondità negli strati terrestri; e in media si calcola che questo aumento sia di circa un grado del termometro centigrado ad ogni discesa di 25 a 30 metri; talchè devesi trovare bollente l'acqua a 3200 metri al di sotto della superficie, e, secondo i calcoli di Studer (*Physicalische Geographie*) a

48,000 metri nessuna sostanza conosciuta può conservarsi allo stato solido, ed al centro della terra la temperatura dev' essere di 195,000 gradi.

È noto come i fenomeni e le induzioni che abbiamo qui ricordato abbiano servito di base alla famosa teoria del *Fuoco centrale*. Una celebre scuola, alla quale si riannettono alcuni dei più grandi nomi del secolo scorso e dei primi anni del presente, quali sono quelli di Cuvier, Humboldt, De Buch, De Beaumont, Arago, pensa che il nostro globo sia rivestito da una sottile crosta solida, il cui spessore non ecceda una cinquantina di chilometri, e che tutto il rimanente della sua massa sia formato di un immenso oceano di materie fluide ed incandescenti. Siccome il medio raggio terrestre è di ben 6336 chilometri, è agevole il concluderne che le parti attualmente consolidate dello sferoide non rappresentano che una tenuissima frazione del suo totale volume. Se noi raffiguriamo la terra in un arancio, la scorza di questo frutto rappresenterà assai esattamente lo spessore della crosta solida, che copre (secondo questa scuola) l' interno mare di fuoco. Uno dei più moderni e dei più caldi fautori dell' accennata dottrina, l' arguto signor Babinet, ha tanta fiducia nella esistenza del calore centrale ed insieme nella potenza della stirpe di Prometeo, che, proponendosi il quesito del modo col quale l' umana industria provvederà l' esca avvivatrice quando, fra qualche secolo, saranno tutte esauste le miniere di carbone fossile, esprime addirittura il progetto di andare a far ricerca di fuoco nelle profonde viscere della terra!

i vulcani (giusta questa teoria) non sono che valvole di sicurezza, dalle quali le interne incandescenti lave sono eruttate al di fuori; i terremoti sono l' effetto della violenta riazione che i flutti del tartareo mare esercitano sulle pareti della crosta terrestre; le fonti termali, minerali, gazose derivano dalla azione calorifica e dissolvente che il fuoco centrale ha sulle rocce e sulle materie onde quell' involucro è composto.

Trattando dei terremoti, noi abbiamo già veduto che, per quanto sommamente oscura ed arcana sia ancora la originaria cagione di quelle terribili convulsioni, non è però punto necessario, per ispiegarle, ricorrere alla ipotesi del fuoco centrale; ed alla medesima conclusione ci trarrà lo studio, che abbiamo ora intrapreso, dei fenomeni vulcanici.

Checchè di ciò sia, questa ipotesi, la quale (non può negarsi) è molto seducente alla immaginazione, fu accettata quasi senza contrasto fino a tempi a noi molto vicini [1]. Il primo formidabile suo avversario fu l'illustre analista e fisico Poisson, il quale nella sua *Théorie mathématique de la Chaleur*, pubblicata nel 1835, dichiarò la sua opinione che, se il globo terrestre è mai passato dallo stato fluido al solido, in conseguenza della perdita di calore per radiazione, come suppongono i fautori della teoria del fuoco centrale, il raffreddamento e la consoli-

[1] In oggi uno strenuo campione, il Signor Delaunay si è levato a rivendicarla contro le obbiezioni di Hopkins, Thomson, Lyell ed altri. (V. Figuier, *Année Scientifique*, XIII année 1868, pag. 247 e seg.

dazione devono avere cominciato al centro e non già alla periferia dello sferoide.

Come mai puossi egli ammettere che una esilissima crosta solida riposi intatta sopra uno sterminato oceano di fuoco, la cui temperatura arriverebbe ad un grado 180 volte maggiore di quella del ferro fuso? Quali sostanze avrebbero forza di resistere all' azione divoratrice di quell' immane Piroflegetonte?

A ciò si risponde dai difensori dell' accennata ipotesi plutonica, che i visitatori del Vesuvio possono passeggiare sulla indurita sciara di una corrente di lave tuttora in ignizione ed in moto; discendere, dopo una eruzione, nel cratere del vulcano, e trattenersi sulle scorie, nell' atto che ogni aperta fessura mostra la roccia ardente e rossa ancora un metro al di sotto, e probabilmente in istato di perfetta fusione ad una profondità non molto maggiore. — Non si potrà dunque supporre (chiedono essi) un più violento calore, a molte miglia di profondità, senza che la sovraincumbente crosta abbia a soffrirne?

Se non che mal regge il divisato paragone. — Fino a tanto che una grande quantità di calore non sia stata emessa dal vulcano, sia per mezzo delle eruzioni di lave, sia in latente forma per la esalazione di gaz e di vapori, la fusa materia continua a bollire nell' imo cratere del monte. Ma cessa l' ebollizione quando l' ignivoma bocca non manda più una sufficiente quantità di calore; ed allora la crosta della lava, composta (come vedremo) di materie poco conduttrici, può

formarsi e le pioggie di lapilli e di scorie depositarsi sulla superficie, senza fondersi. Ma se lo interno calore si riaccende, ricomincia l'ebollizione, e la crosta superficiale allora si fonde. Nel caso adunque di una corrente di lave, noi possiamo tenere per sicuro che, quando il visitatore può impunemente passeggiare sulla esterna crosta, nessuna parte del soggiacente liquido ha temperatura molto superiore a quella che è semplicemente necessaria e sufficiente per conservarlo in istato di fluidità.

I credenti nel fuoco centrale ammettono che in quell'interno oceano debbano verificarsi fenomeni di flusso e riflusso, simili a quelli del superficiale oceano di acqua, tale appunto dovendo essere l'effetto dell'attrazione lunare e solare, sebbene questo effetto (dice l'uno di essi, Cordier) sia oggimai divenuto assai debole, mentre invece alla origine delle cose, quando era perfetta la fluidità del globo non ancora raffreddato, le onde di quella infuocata marea non potevano essere per certo minori di parecchi metri.

Se non che, concedendo anche per un istante che quelle maree siano divenute così deboli, da non essere più capaci, nello stato attuale delle cose, di alzare e deprimere la lacerata e fessa crosta terrestre ad ogni intervallo di sei ore, ci dicano pur tuttavia i Plutonisti come mai in qualunque cratere vulcanico la lava, la quale è supposta nella loro teoria comunicare direttamente con uno sterminato oceano centrale, non si alzi e non si abbassi sensibilmente a regolari periodi, durante

una continuata eruzione. Ci dicano come avvenga mai che nel cratere dello Stromboli, dove è sempre fusa materia in istato di ebollizione, e dove il flusso e riflusso del liquido dovrebbe quindi essere regolare e costante, nulla si osservi che accenni a questo fenomeno che dovrebbe essere necessario indicatore della centrale fornace del nostro pianeta.

Ma su ciò ritorneremo a suo luogo. Limitando per ora il nostro discorso a quelle emanazioni gazose che a questa digressione ci hanno condotto, ci basterà l'osservare che, a spiegarne l'alta temperatura e la composizione, è più che sufficiente la potenza delle riazioni chimiche prodotte dal contatto delle materie liquide e solide, che negli inferiori strati della terra sono contenute.

La stessa osservazione si applica alle fonti termali. La temperatura di quelle di Aix in Savoia ribassa notevolmente nell'epoca dello squagliarsi delle nevi o in seguito a pioggie abbondanti, manifesta riprova dell'influenza esercitata sovr'esse dai fenomeni di superficie.

La temperatura delle sorgenti è però affatto indipendente dalla latitudine: trovansene di fredde sotto i tropici, e di bollenti in Islanda ed in Siberia. La termalità loro non segue tampoco una legge regolare e costante, in relazione con la profondità. Così, per citare un esempio, le trivellazioni operate nella ridente vallata dell'Aar hanno mostrato che la fonte jodurata di Wildegg ha un aumento di 1 grado di calore ad ogni 16 metri.

nell' atto che l'aumento non è che di 1 grado ad ogni 32 metri nel famoso pozzo artesiano di Grenelle in Francia. Ecco una tabella della temperatura di un buon numero di sorgenti termali:

Sorgenti	Gradi Centig.di
Barèges (Le Douche)	45
Id. (Palard)	38
Luchon (Bayen)	67
Id. (La Reyne)	59
Id. (Le Griffon)	52
Cautorets (Les Oeufs)	56
Id. (César)	50
Id. (La Baillère)	41
Arles	da 26 a 36
Bagnères de Bigorre (Dauphin)	49
Id. Id. (Versailles)	55
Id. Id. (Salut)	32
Ax	82
Vernet	56
Chaudes-Aigues	88
Vichy (Grand-Bassin)	45
Id. (Grande-Grille)	32
Id. (Célestins)	44
Plombières (Gran-Bassin)	70
Id. (Crucifix)	49
Id. (Bourdeille)	45
San Pedro (Portogallo)	67
Gerez Id.	62
Aix (Savoia)	45
Baden (Svizzera)	50
Ficoncella (Civitavecchia)	55
Doccione (Lucca)	54
S. Giuliano (Pisa)	42
Gurgitelli	75
Bollente (Acqui)	75

Sorgenti	Gradi Centig.di
Chin-Chiest (Grecia)	84
Kreuznach (Germania)	49
Hombourg (Id.)	20
Wiesbaden (Id.)	67
Baden-Baden (Id.)	65
Carlsbad (Id.)	75
Toeplitz (Id.)	48
Varie fonti in Siberia.	100
Id. nell' Imalaia	100
Schoubon (Tibeto)	88
Yorn-Mack (China)	85
Fonte nella Martinica.	50
Id. Guadalupa	67
Id. S. Lucia	100
Id. S. Domingo.	63
Buncombe (Carolina del Sud)	40
Geyser d' Islanda (1)	109

L'intima relazione tra le fonti termali e la vulcanicità, è cosa di tutta evidenza. Il terremoto di Lisbona e quello di Calabria esercitarono sulle sorgenti di questa specie una varia influenza, che ho a suo luogo accennato. Si è, del resto, particolarmente nelle vulcaniche regioni, che la termalità delle fonti si manifesta.

Fra tutte le sorgenti che attestano la possa delle sotterranee riazioni, nessuna è comparabile in Europa allo Sprudel di Carlsbad. Essa è una *furiosa sorgente* (come l' ha chiamata Hoffmann) che slan-

(1) Il lettore bramoso di più particolareggiate notizie, massime per ciò che concerne il paese nostro, sulla termalità e mineralità delle sorgenti, vegga l' opera del Dott. G. Garelli *Delle Acque Minerali d' Italia*. Torino, 1864.

ciasi con fragore a due o tre metri d'altezza, a getti impetuosi, simili a quelli che si osservano nel sangue arterioso degli animali, per ricadere poi, come una bella falda di cristallo. Una porzione di quel liquido è utilizzata nella fabbricazione del famoso *sale di Carlsbad;* ma la massima parte va a perdersi nella Teple, formando un sedimento calcare solido e cristallino, che ritrovasi al fondo di tutti i terreni della valle.

Ma la terra classica delle grandi fonti calde, è la gelida Islanda. Il suolo di quell'isola si alza gradatamente dalle coste verso il centro, ove il generale livello è di circa 600 metri sulla superficie del mare. Su quel centrale altipiano, come sovra un comune piedestallo, sorgono gli *jokulli,* o montagne di ghiaccio, che stendonsi ai due lati, nella direzione di N. E. Lungo quella catena si aprono i vulcani attivi e le sorgenti termali dell'isola. Enormi masse di vapori, che si odono ad intervalli fischiare e muggire, si esalano da quei coni e da quei crateri; ed allorchè la bocca da cui esce il vapore trovasi nell'apertura di una caverna, il fragore che ne è prodotto somiglia a quello del tuono. Inferiormente, negli strati porosi, dormono intanto fumanti paludi di fango; una pasta nerastro-azzurrognola, del continuo in ebollizione, gonfiasi di tratto in tratto in enormi bolle, che scoppiano e lanciano la loro viscida spuma ad un'altezza di cinque o sei metri. Intanto dalle larghe fessure e dalle superbe arcate dei ghiacciai sgorgano grandi masse d'acqua, le quali cadono talvolta in cateratte lungo le erte

montagne, e vanno a stendersi sulla pianura in lame di più chilometri, prima di trovare una uscita definitiva. Nessuno spettacolo più lugubre e più desolante può idearsi, di quello che offrono siffatte paludi al solitario viaggiatore. Raccolta nelle spaccature del terreno, una parte di quelle acque scende fino alle ardenti rocce del sottosuolo, dove incontrando i gaz vulcanici che traversano in ogni direzione quelle sotterranee regioni, è spinta ad uscire là dove la resistenza è minore, in forma di possenti getti di vapore e di acqua bollente ([1]).

La più grande e la più famosa di quelle sorgenti trovasi nel mezzodì dell' Islanda, ed è chiamata il gran *Geyser*, nome che nell' idioma locale significa *furore*. Essa è un tubo di 23 metri di profondità e di 3 metri di diametro, che nella sua parte superiore finisce con una conca avente 16 metri da Nord a Sud e 18 metri da Est ad Ovest.

L'eruzione, dice un testimonio oculare ([2]), si annunzia mercè di un fremito del suolo, nelle vi-

([1]) Tyndall, *Heat as a mode of motion*, § 142, pag. 122 — Second edition 1865.

([2]) E. Robert, autore dalla parte *Minéralogie et Géologie* nel *Voyage en Islande et au Groenland sur la Corvette* La Recherche, *comandée par M. Trehouart, public sous la direction de M. P. Gaînard.* — V. anche la relazione del viaggio della *Reine Hortense* di E. Choiesky, e quella dell' inglese lord Dufferin. Con un suo Yacht quest' ultimo signore intraprese un viaggio di esplorazione delle alte latitudini; visitò non solamente l'Islanda, ma eziandio i paraggi dello Spitzberg e di Giovanni Mayen. Egli è con questo nobile spirito di alta iniziativa che il patriziato britannico si conserva fedele all'antico motto dei baroni *Noblesse oblige*. E ne è premiato con la legittima influenza ch' esso conserva nella costituzione e nella vita civile del suo paese. V' ha chi potrebbe tòrre da ciò qualche utile lezione.

scere del quale si fanno udire come lontane e cupe scariche di artiglieria. Così avvertito, l'osservatore ha quasi sempre tempo ad accostarsi al Geyser, e può senza pericolo trattenersi in sulla pendice del cono, dove sente sotto a' piedi le forti commozioni prodotte dalla colonna liquida che rapida ascende. Scorgonsi dapprima le acque straripare dagli orli della conca, e fragorosamente cadere lungo i gradini che rivestono il cono. Ma pochi istanti dopo, appariscono sulla superficie enormi bolle le quali, raggiunti due o tre piedi di altezza, subitamente ricadono; e tutto sembra rientrare nella pristina calma. Questo fenomeno si ripete due o tre volte, e talora non procede oltre. Ma quando l'eruzione è completa, ai ribollimenti, dei quali si fece cenno or ora, succedono getti possenti, che si vanno man mano sollevando fino all'altezza di otto o dieci piedi. Poi, non altrimenti di ciò che praticasi nei nostri fuochi artificiali nei quali in seguito ai razzi minori vengono a chiudere lo spettacolo le più splendide meraviglie della pirotecnia, così del pari il Geyser, dopo brevi istanti di riposo, nei quali sembra raccogliere le sue forze, scaglia con un ultimo getto nell'aere una colonna immane di acqua, la cui punta estrema spingesi a più di cento piedi di altezza. Una enorme massa di bianco vapore spandesi e domina per qualche tempo ancora il teatro di quel magnifico fenomeno; ed il Geyser, il cui furore è subitamente muto, si riempie con lentezza, e l'acqua ne sgorga tranquilla di nuovo, come da una semplice fontana. (Fig. 19).
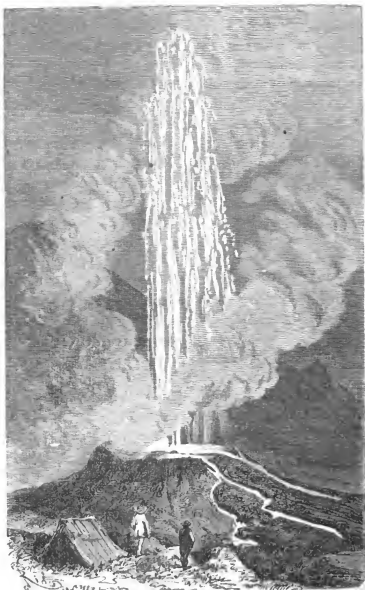
Fig. 19. — Grande Geyser.

Uno strato silicioso, molto levigato e durissimo, simile al migliore cemento delle nostre cisterne, riveste l'interna parete del tubo e della conca; e le sue continue incrostazioni vanno senza posa alzando il cono e rendendo vieppiù profondo il Geyser. Le acque, chiare e limpide come il cristallo, sono inodore e non hanno punto sgradevole sapore al palato.

Alla distanza di circa cinquanta passi dal Gran Geyser, sorge il cono dello *Strockur*, che fa costantemente sentire un forte ribollimento, per cui gli abitanti gli diedero il nome di *Pentola del Diavolo.* Le sue eruzioni possono provocarsi a talento, gettandovi entro zolle di terra e pietre. Allora, senza scotimento del suolo, e dopo aver per poco sospeso l'infernale frastuono, le acque si sollevano lentamente nel tubo; ed appena son giunte all'orlo estremo della conca, simili ad un furente animale che altri avesse costretto ad uscire dal suo covo, si slanciano nell'aere, in forma di stupenda colonna. Il signor Robert, nella già citata sua opera, narra di aver potuto con un colpo di fucile carico a piombo far cessare istantaneamente l'ebollizione dello Strockur. Venti minuti dopo avervi gettato una certa quantità di terra, il canale si riempì progressivamente, sempre senz'alcuna commozione del suolo, e tutt'ad un tratto la colonna slanciossi fuori, con estrema violenza, ad un'altezza eguale a quella delle più poderose esplosioni del Gran Geyser.

Le detonazioni e le deiezioni di quelle singolari fatture vulcaniche sono dovute alla produzione del

vapore nei sotterranei canali che alimentano il tubo dei Geysers, vapore che in questo tubo medesimo, venendo a contatto con l'acqua avente una temperatura molto più bassa, vi è subitamente condensato. Il Prof. Bunsen potè determinare la temperatura del tubo del Geyser, dal sommo all'îmo, alcuni minuti prima di una grande eruzione; e quelle osservazioni rivelarono un fatto straordinario, che cioè in nessuna parte del tubo l'acqua raggiunge il suo ordinario punto d'ebollizione. Il vapore, che è generato nelle roventi rocce della terra, entra, per mezzo delle vene alimentatrici, nel gran tubo, dove incontra una colonna d'acqua, cui con la sua tensione il vapore sospinge all'insù, facendola uscire in colonna fuori della conca. Ma al suo contatto coll'aria l'acqua è raffreddata, e ricadendo nel bacino, riempie di nuovo parzialmente il tubo. Vi è un punto di questo tubo medesimo, ove la temperatura dell'acqua è uno o due gradi centigradi al di sotto del punto di ebollizione. Ma quando il vapore la risospinge dal sotto in su, la testa della colonna arriva rapidamente ad un limite alquanto superiore del tubo ove la pressione essendo minore, il punto di ebollizione si verifica ad un grado di temperatura alquanto meno alto di quello che nella posizione precedente sarebbe stato necessario. L'eccesso di calore che l'acqua, giunta a tal limite, possiede oltre a quello che è sufficiente a farla bollire, è istantaneamente applicato alla generazione del vapore; la colonna è spinta vieppiù in alto, e l'acqua sottostante è liberata da una parte del peso sovra-

incumbente. Nuovo vapore è generato: dalla metà del tubo in giù la massa entra tosto in ebollizione, e la parte superiore della colonna, mista con nembi di vapore, viene proiettata nell'atmosfera, ed abbiamo allora l'eruzione del Geyser in tutta la sua stupenda grandezza. Raffreddata di nuovo dal contatto dell'aria, l'acqua ricade nella conca e nel tubo, ove si alza fino a riempiere, come pur dianzi, il bacino. Di tratto in tratto si odono le detonazioni e si osservano i temporanei rigonfiamenti dell'acqua, a guisa di incompiuti tentativi di eruzione, fino a tanto che l'acqua nel tubo salga ad una temperatura abbastanza prossima al punto di ebollizione, per rendere possibile la riproduzione dei fenomeni così descritti e spiegati, e si abbia nuovamente una vera eruzione.

Il fatto singolare dello Strockur, le cui eruzioni sono, come or ora narrai, provocate dal gettarvi zolle di terra, si spiega ritenendo che queste materie otturano temporaneamente il tubo. Il vapore che rimane così imprigionato al di sotto delle chiuse fauci, continua ad aumentare di tensione, fino a che questa sia pervenuta a tale da respingere le materie otturanti, scagliando con esse fuori dal cono la colonna d'acqua sovrastante.

Oltre al gran Geyser ed allo Strockur, esistono in Islanda altre minori sorgenti analoghe. Il periodo di ejaculazione di tutte quelle fonti non è punto fisso ed uniforme. Allorchè esse sono molto attive, gli Islandesi pronosticano tempo ventoso e piovoso. È più che probabile che le variazioni nella pres-

sione atmosferica esercitino una influenza su quei naturali barometri.

È chiaro che nella storia di un Geyser dee giungere tosto o tardi un momento, in cui la sua attività debba cessare. Quando il tubo, a cui si aggiungono del continuo nuovi strati di materia terrosa e siliciosa, è ad un' altitudine tale pervenuto, che l' acqua giacente nel fondo, più non possa, per la cresciuta pressione, arrivare al suo punto di ebollizione, le eruzioni debbono avere un termine. La sorgente continua però tuttavia a depositare la sua silice, e forma un' ampia cisterna. Il Geyser allora diventa un *Laug* (bagno).

Molti di cotesti *Laug* (veri vulcani d' acqua spenti) esistono in Islanda, e ve ne ne hanno di profondi 40 piedi. La loro bellezza, al dire di Bunsen, è superiore ad ogni descrizione: sulla quieta superficie ondeggia un lieve vapore, mentre l' acqua è colorata dal più puro azzurro, che si riflette sulle fantastiche incrostazioni delle pareti, e con la sua limpidezza lascia scorgere al fondo la bocca del Geyser, un dì possente.

La graduale estinzione del gigante procede, col tempo, ad una terza metamorfosi, formando vaste cavità, piene di rottami, dalle quali l' acqua è scomparsa, cercandosi altre vie ed altri più acconci teatri di operazione. Nelle sue perenni trasformazioni, la Natura ci presenta così una intera storia del Geyser, che, nella sua gioventù, è una semplice fonte termale; nella sua virilità, una colonna eruttiva; nella sua vecchiaia, il tranquillo *Laug;* e nella sua morte,

più non offre che gli avanzi informi della conca fangosa, i quali attestano in quelle solitudini l'antica esistenza del fenomeno (1).

Verso il centro dell'isola settentrionale della Nuova-Zelanda, l'attività delle sorgenti vulcaniche si manifesta in modo più gagliardo ancora che in Islanda. Sulla accidentale e leggermente sinuosa linea che stendesi da S. O. a N. E., tra il vulcano sempre attivo di Tongariro e l'isola fumante di Whakari, nella baia d'Abbondanza, le acque termali, le fontane di fango, i Geysers zampillano e sgorgano in più di mille luoghi; e qua e là si adunano in vasti laghi. Hannovi regioni, ove ardenti vapori esalansi dai fianchi delle montagne in sì gran copia, da ridurre il suolo in istato di molle pasta, che scola lentamente, in forma di fango, lungo le pendici. Sopra un'area di due chilometri, una parte del lago di Taupo bolle e fuma, come una immensa caldaia sopra un sotterraneo incendio. Il lago di Rotomahana, di circa cinquanta ettari, ha una temperatura costante di 26° centigradi (2).

Benchè, nello stato attuale delle nostre cognizioni, non si riannetta che in modo secondario ai fenomeni vulcanici propriamente detti, non crediamo pur tuttavia di poter qui passare sotto silenzio una delle forme più notevoli della riazione interna del

(1) V. Tyndall, *Heat as a mode of motion*, § 151, pag. 129. — V. anche E. Reclus, *La Terre*, Vol. I, pag. 690.

(2) V. la memoria intitolata *New-Seeland*, di F. von Hochstetter, il *Reise der Fregatte Novara*; ed E. Reclus, *La Terre*, Vol. I, pag. 687.

nostro globo: voglio accennare alla produzione dei bitumi e degli oli minerali.

La decomposizione spontanea dei vegetali sotterra dà luogo alla formazione di sostanze designate col generico nome di *bitumi*, che molto facilmente si accendono e bruciano, mandando denso fumo e cupa fiamma ed odore forte e particolare. Vi hanno bitumi solidi o pastosi, e bitumi liquidi: la *Nafta* ed il *Petrolio* sono di quest'ultima specie; entrambi contengono in copia carbonio ed idrogeno; e non differiscono fra loro se non per essere la nafta meno densa e più limpida, e per contenere il petrolio qualche po' di bitume solido in dissoluzione.

In molti luoghi ove la nafta ed il petrolio si estraggono, esalano pure gaz infiammabili, che producono le così dette *fontane ardenti*, la cui origine vulcanica non può mettersi in dubbio. L'Italia possiede molti di questi terreni ardenti, in Sicilia a Maccaluba presso Girgenti, sul vertice dell'Appennino tra Bologna e Firenze, a Pietra Mala, nell'Imolese, nei dintorni di Riolo, a Barigazzo, luogo renduto celebre per gli esperimenti che intorno a cotesti fuochi fece già, sul finire del secolo scorso, lo Spallanzani.

Ma immensamente più importanti sono le fontane ardenti del Caucaso e dei dintorni del Caspio. Nell'alta valle di Kinalughi, a tremila metri sul livello del mare, splendono gli eterni fuochi del monte Schagdagh. Il suolo, su cui sorge la città di Bakù, è siffattamente impregnato di nafta, che se venga, in qualunque parte, conficcato un ba-

stone nella terra, accostando una fiaccola accesa all' orifizio, ottiensi tosto la fiamma come di un becco da gaz. L'adorazione del fuoco, antichissima nella contrada, ripete da questo naturale fenomeno la origine. È un convento di Parsi, non lungi da Bakù, che contiene il famoso santuario Atesh-Gah, in cui brucia il fuoco sempiterno. Ivi è una vasta pianura; da molte aperture irregolarmente praticate guizzano fiamme; si alza in mezzo un merlato edificio: da ogni verrone esce una lingua di fuoco; una, più intensa di tutte, incorona la più alta cupola. Se accendasi un pezzo di stoppa e si getti in mare lungo la riva del Caspio, tosto la superficie delle acque si accende e fiammeggia sopra un' area di una quarantina di metri: è la nafta che, sgorgando dalla sponda e galleggiando, prende fuoco (1).

A Bakù, come nella China, queste sostanze infiammabili sono utilizzate nella illuminazione e nel riscaldamento.

I più abbondevoli pozzi di bitumi sono nell' America boreale. Negli Stati Uniti, per trovare il petrolio in copia stragrande, basta forare, in più luoghi, alla media profondità di 50 metri, che talora limitasi a soli 10 metri, oltrepassando assai raramente metri 150. Vi hanno in Pensilvania pozzi, il cui giornaliero prodotto ammonta a 220,000 litri di petrolio, dando un valore di oltre 50,000 lire al giorno. La popolosa e ricca città di *Oil-City*

(1) V. Lessona, *La Scienza a Dieci centesimi;* e Moynet, *Voyage au litoral de la mer Caspienne*, nel *Tour du Monde*.

deve a questa sola circostanza la sua origine e la sua crescente prosperità [1].

In un tratto di territorio compreso nei Comuni di Pomarance e Castelnuovo nella Provincia di Pisa, e in quelli di Massa marittima e Montieri, provincia di Grosseto, in Toscana, rimontando le vallate dei fiumi Cecina e Cornia, s'incontrano otto centri principali di potenti emanazioni gazose, cui venne dato il nome di *Soffioni*. Questi presso alla superficie si fanno quasi sempre strada attraverso terreni terziari, e secondo i professori Savi e Meneghini si troverebbero disposti su di una linea parallela all'asse della catena metallifera di quel distretto. Insieme al vapore acqueo (che è la principale sostanza emessa dai soffioni) questi contengono acido carbonico, idrogeno solforato, acido borico ed acido silicico. Alcune volte trovansi misti a queste sostanze solfati di soda, di magnesia, di ammoniaca, di ferro. Il getto del vapore produce un rumore simile a quello di una caldaia che venga scaricata per eccesso di pressione; e la sua temperatura, sempre molto alta, si vuole abbia in alcuni casi raggiunto i 100° Reaumur. La continua azione di questi caldi vapori produce considerevoli metamorfismi sulle rocce circostanti, dando luogo a gessi, quarzi, borati e ad altre sostanze, con efflorescenze di solfo. Fu in sul finire del secolo scorso che il prof. Mascagni riconobbe pel primo

[1] Un molto interessante articolo sui petroli americani, di Felice Foucou, è comparso nella *Revue des Deux Mondes* 15 Aprile 1869.

la presenza dell' acido borico nei vapori emessi dai soffioni; ma si fu soltanto nel 1818 che si pensò ad utilizzare quella preziosa ricchezza naturale, che ha fatto la fortuna del Conte Larderel e di altri industriosi speculatori [1].

Le riazioni vulcaniche si manifestano con un altra categoria di fenomeni, detti *Salse* e *Vulcani di fango.* Sono emanazioni di acque contenenti in soluzione quantità talvolta enormi di sal marino e di altre sostanze. Molte di queste sorgenti non sono probabilmente fuorchè l' ultima fase di antichi vulcani in via di estinzione. Passata l'età del fuoco, i vecchi giganti non sanno più dare che fango e melma. Le moli di queste materie si accumulano talvolta sino alle dimensioni di vere montagne. Il fenomeno fu talora prodotto anche da vulcani ancora ignivomi. Ciò accadde, per esempio, nel 1797 presso Quito: l' esplosione cominciò con un terremoto, che agitò la contrada sopra una estenzione di 170 leghe da sud a nord, e di 140 da ovest ad est. Nel centro di quella zona molti villagi furono atterrati o sepolti nei fanghi scesi dalla vetta e dai fianchi delle montagne vulcaniche. Veri torrenti di melma sgorgarono dalla base del Tunguragua, formando nelle valli depositi di sei o sette centinaia di piedi di altezza. Questi fiumi di fango provengono talvolta da emanazioni terrose uscenti

[1] V. una Memoria dell' Ing. Mazzuoli sull'*Industria dell' acido borico* nel vol. delle *Relazioni degli Ingegneri del R. Corpo delle Miniere*, pubblicato nel 1868 dal benemerito Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio, pag. 212 e seg.

realmente dal cratere; ma più spesso dalla fusione delle nevi e dei ghiacci che coprono le cime dei monti, caso in cui può veramente dirsi che l'inondazione è prodotta dal fuoco; od anche dalla condensazione di enormi quantità di vapore esalato dalla bocca del vulcano, e ricadente poscia in forma di pioggia mista a ceneri ed a lapilli.

Sulla estremità N. O. della catena del Caucaso nella penisola di Taman e nella parte orientale della Crimea sorgono molte colline, le quali sono evidentemente antichi vulcani di fango. Una delle salse di Taman fece irruzione il 27 febbraio 1793.

In Islanda, numerose sorgenti di melma sgorgano di mezzo a piccoli crateri.

Sul continente americano, uno de' più notevoli centri di salse è quello, così bene descritto da Humboldt e da Vauvert De Méan, presso il ridente villaggio di Turbaco, e a 2 $^1/_2$ miglia da Cartagena, nella Nuova-Granata. I *Volcancitos*, in numero di 18 o 20, sorgono in mezzo ad una deserta pianura, circondata da una grande foresta di palmizi, e dominata da lungi dalle vette nevose di Santa Marta. Del pari che nella penisola di Taman, le eruzioni di gaz e di fango escono dal vertice di piccoli coni tronchi, formati di argilla, aventi da 6 a 8 metri di altezza, e da 60 a 80 metri di diametro alla base. La parte superiore dell'imbuto è ripiena di liquida fanghiglia, costantemente agitata dallo svolgimento di grosse gallozzole di gaz, che si sprigionano con violenza. Presso alle fauci del baratro sentonsi, ad intervalli frequenti, cupe

detonazioni, alle quali succedono le eruzioni. Tanto a Taman quanto a Turbaco, le qualità dei gaz esalati subiscono varie chimiche trasformazioni.

Nel 1839 il cono vulcanico che sorgeva sul capo Galera-Zamba, ad 8 miglia da Cartagena, scomparve in mezzo ad una poderosa eruzione di fiamme e mentre il suolo vibrava sotto una violenta scossa di terremoto. L'angusta lingua di terra, che formava il promontorio, fu per tal modo separata dal continente da un canale di circa dieci metri di profondità. Ma nel luogo istesso della frattura, una novella e formidabile eruzione ignea si manifestò nell'ottobre 1748; un' isola sorse dal fondo del vicino mare, e poco stante scomparve. Egli è più che probabile che il vulcano submarino di Galera-Zamba sia il centro a cui si rannodano le salse della provincia di Cartagena, ove esistono a centinaia i coni vomitanti argilla salata, sur una superficie di 400 leghe quadrate. Sono oltre a 50 i *volcancitos* che, simili a quelli di Turbaco, circondano ora, sovra un raggio di 4 o 5 miglia, la penisola o meglio isola di Galera-Zamba.

Innumerevoli sono le salse nelle belle isole dell' Arcipelago Indiano. I giganteschi vulcani di Giava vomitano spesso torrenti di fango, che desolano le sottostanti contrade [1].

Non poche sono le salse in Italia. Citeremo quelle di Sassuolo, nei dintorni di Modena, osservate da

[1] Arnold Boscowitz, *Les volcans et les tremblements de terre*, pag. 455. — Zurcher et Margollé, *Volcans et tremblements de terre*, p. 298. — Junghuhn, *Bibliothèque Universelle*, anno 1817.

Plinio, e nelle quali si svilupparono spesso violenti incendi, specialmente nei secoli XVI° e XVII°. In quelle occasioni notarono gli abitanti come più giorni prima dell' accensione della salsa, le gregge inorridite indietreggiassero sui sentieri che vi conducono. La salsa della Maina, descritta da Spallanzani, a quindici miglia da Modena, e quella di Girgenti in Sicilia, osservata primamente da Dolomieu, non sono meno celebri di quella di Sassuolo.

In Grecia, nella pianura di Mantinea, formante una conca senza scolo, vedonsi, dopo le grandi pioggie, i torrenti precipitarsi e scomparire nelle caverne e nelle ampie fessure delle montagne. Le acque, per tal modo assorbite, devono ricomparire in qualche altra parte del suolo, in alcune di quelle sorgenti sovraccariche di sedimenti, onde la Grecia abbonda.

Alle stesse cagioni devono, senza dubbio, la origine loro le isole di fango (*Mud-Islands*), così frequenti nelle valli del Mississipi e del Missurì in America. Una di queste isole, descritta dal Prof. Forshey, è lunga 600 piedi, e la sua massima altezza *attuale* è di 7 piedi e 4 pollici. Non lungi dalla punta orientale è una fonte salata, che costituisce il principale carattere dell' isola e ne spiega la formazione, Accostandovisi, si osserva un cono alto da due a tre piedi su 50 di base, dalla cui sommità svolgesi del continuo una fanghiglia di plumbeo colore, a cui vanno spesso compagne emissioni di gaz. Il fango scola lentamente sui pendii, vi si fissa e si aggiunge così ai depositi anteriori. Questo incremento continua fino a che l' eminenza, per tal modo

formata, abbia raggiunto circa 7 piedi sulle acque circostanti. La sorgente si ferma allora, ma per andare ad erompere in luogo meno alto, e ricominciarvi il suo lento lavorio [1].

La lotta originaria dell' acqua e del fuoco, osservano qui due eleganti scrittori [2], è uno dei principii fondamentali della geologia, e questa lotta continua tuttora. Ma questi due elementi, in apparenza contrari, concorrono nell' opera della creazione, ed insieme lavorano nella formazione del globo; talchè, invece di insistere sul loro supposto antico antagonismo, si è piuttosto il loro accordo che conviene osservare.

Dobbiamo ora occuparci di una delle più ragguardevoli forme sotto le quali le riazioni plutoniche si manifestino alla superficie terrestre, delle *solfatare.*

Qualunque sia la cagione che spegne l' attività di una montagna ignivoma (e noi dovremo recare su questo problema la nostra attenzione fra breve), certo è che nello spegnimento dei vulcani, non altrimenti che negli altri fenomeni della natura, possono osservarsi parecchie gradazioni successive. Innanzi che il vulcano, pur dianzi fiammeggiante, entri nel periodo dell' assoluto silenzio e della perfetta quiete, innanzi che i suoi fianchi ed il suo vertice stesso si coprano di rigogliosa vegetazione, e diventino le amene ed ubertose sedi delle umane aggregazioni, suol trascorrere uno stadio intermedio,

(1) Thomassy, *Essai sur l' Hydrologie.*

(2) Zurcher et Margollé, *Volcans et tremblements de terre,* pag. 303. — V. anche Daubrée, *Etude sur le Métamorphisme.*

durante il quale dal suolo esalano vapori acidi e gaz idrogeno solforato, il cui effetto è di lasciare sulle fessure, attraverso alle quali passano, abbondanti depositi ed efflorescenze di solfo.

Questa nuova maniera di essere, detta solfatara, può durare parecchi secoli, trascorsi i quali ogni traccia di attività vulcanica scomparisce, sebbene talvolta la condizione di solfatara non sia, nella storia di un vulcano, che l'intervallo fra due possenti eruzioni.

D'onde scorgesi che, se le solfatare si distinguono dagli attivi vulcani in ciò ch'esse non eruttano nè lave, nè sabbie, nè scorie incandescenti, nè piogge di ceneri, ed in questo ancora che la bocca del cratere è chiusa come nei vulcani spenti, differiscono però non meno da questi ultimi, dacchè i gaz ed i vapori che, dotati di alta temperatura, esalano dai crepacci del suolo, indicano chiaramente nelle solfatare che l'azione vulcanica continua in que' luoghi.

Una delle più celebri solfatare è quella di Pozzuoli, presso Napoli, nella quale unanimemente i geologi riconoscono un semispento vulcano. La parte più eccelsa di quella rovina, il Monte Olibano o Croce dei Capuccini, è formata di una roccia a picco dal lato interno dell'antico cratere, ed inclinata a pendio verso la parte esteriore. Egli è da questo lato del cratere che la lava sembra avere sgorgato ed essere discesa, allorchè il vulcano era attivo. Le altre parti, le quali con questa roccia formavano le pareti del baratro, vennero lentamente decomposte sotto l'influenza de' vapori solforei, degli acidi e del gaz idrogeno solforato. I

detriti furono e sono poi continuamente trasportati dalle acque piovane, che le accumulano a' piedi della montagna e più ancora nel fondo dell' antico cratere, formandovi una pianura, che si va di mano in mano alzando.

La solfatara di Gunung-Prahu nell'Isola di Giava ed i suoi dintorni offrono uno dei più grandi e singolari spettacoli, che presenti la fisica geografia. Sorge non lungi dal villaggio di Batur, sopra una catena di erti e dirupati monti, in mezzo ad una foresta, da cui scorgonsi sollevarsi alte colonne di vapore, mandando un rumore, che si ode assai da lontano. Accostandosi al luogo d' onde emergono queste emanazioni, vedesi un muro naturale semicircolare, di circa 40 piedi di altezza, la cui base riposa in un lago, le acque del quale sono in un perenne stato di agitazione.

Nel centro di quell' abisso, le cui pareti sono eternamente flagellate dai flutti spumanti, l' acqua emette nembi di vapore, i quali rapidissimi si disperdono nell' aere.

Immediatamente al di sotto del lago succedonsi, in altrettante gradinate, molte minori cavità, nelle quali le acque della conca principale si versano con tale violenza, che fanno tremare intorno il suolo.

La temperatura dell' acqua sulle rive ha 66 gradi; essa è torbida, di color grigio, e deposita un giallastro sedimento di solfo.

Una rigogliosa vegetazione copre le terre circostanti: le felci vi formano un fitto e mobile tappeto di verdura.

Non lungi si apre la celebre e sinistra *Valle della Morte*. Nomasi così un abisso di forma circolare, il cui suolo affatto nudo, presenta nel centro un monticello di sabbia e di pietre, circondato da una parete da 100 a 300 piedi di altezza. I vapori mefitici che si sollevano da quel baratro, capaci (dicesi) di dare la morte all'uomo ed agli animali, e più forti di quelli della *Grotta del Cane* in Italia, valsero a quel luogo il lugubre suo nome.

Ricorderò ancora tra le solfatare conosciute, in Europa: quella di Budoshegg, in Austria, l'Epomeo dell'isola d'Ischia, il monte Calamo in quella di Milo; in Africa, il Djebel-Dokhan (montagna del fumo) ed il Djebel-Kebryt (montagna di zolfo); in Asia, numerose solfatare della Cina e del Giappone; in America, quelle di Tacora nel Perù, di Cerro-Azul nel Chili, molte nell'America centrale e nelle Antille, e il picco di Makuskhia nelle isole Aleutte.

Tutti i fenomeni che siamo venuti sinora passando in rassegna, — esalazioni di gaz, sorgenti termali, fontane ardenti, geisers, eruzioni di fango, solfatare ecc., — ci manifestano la potenza delle riazioni che le interne forze del pianeta esercitano verso la sua superficie. Ma in tutte queste manifestazioni quella potenza si rivela o sotto la forma di un incipiente conato o sotto quella di uno sforzo senile ed evanescente. — Il vulcano attivo ed ignivomo è per eccellenza il fenomeno che adduce alla nostra osservazione gli effetti delle forze interiori del nostro globo.

Un vulcano propriamente detto non esiste se non là dove una comunicazione permanente si è formata

tra l'interno della terra e l'atmosfera, e dove i prodotti delle riazioni chimiche operantisi nelle ime profondità della terra medesima, vengono scagliati alla superficie attraverso una serie di fenomeni, dei quali il più caratteristico è quello della eruzione di materie solide in istato di fusione incandescenti.

La forma consueta di un vulcano è quella di un cono più o meno regolare. Alcune delle più alte montagne vulcaniche del nostro globo hanno questa forma tipica in modo esattamente geometrico. Tale il gigantesco Cotopaxi, nell'America meridionale. Esso, dice, A. Humboldt [1], è un cono perfetto che, rivestito di un enorme strato di neve, brilla ai raggi del sole, staccandosi ricisamente dalla vôlta azzurra del cielo. L'altezza del Cotopaxi è di 5,750 metri, ed eccede quindi di 1250 metri quella che avrebbe il Vesuvio, se fosse posto sulla vetta dell'Etna. Il tipo del Cotopaxi si riproduce nell'Orizaba, nel Maypo e, in generale, in tutte le montagne vulcaniche della Cordigliera delle Ande.

Vi hanno, è vero, vulcani che non presentano la forma conica: sono quelli i quali, rimasti per lungo periodo inattivi, furono travagliati e modificati dagli agenti atmosferici, e sovratutto dalle acque, sicchè i fianchi del colosso dormente vennero corrosi e frastagliati; e quando l'attività vulcanica si ridestò, trovò i suoi lineamenti deformati e scomposti. Altre fiate è il vulcano stesso che, in uno straordinario accesso di furore, ha mutilato

[1] *Vues des Cordilières.*

il suo proprio corpo, scagliandone lungi gli enormi frammenti; ed allora il cono troncato e lacerato, presenta gli irti avanzi delle sue convulsioni nelle acuminate guglie e nelle rocce infrante e minaccianti rovina. Tale è la condizione in cui trovansi il Garguairazo nell' Equatore, l' Ecla in Islanda, il Pichinca al di sopra di Quito.

Sopramodo notevole e degna di tutta l' attenzione del filosofo che voglia formarsi un adeguato concetto delle grandi linee della Fisica del Globo, è la distribuzione dei vulcani sulla superficie della terra. Essa non è punto casuale e saltuaria, ma sembra, all' incontro, obbedire a certe determinate leggi, le quali imperano non solamente sul riparto orografico dei vulcani propriamente detti, ma eziandio su quello delle altre succennate manifestazioni delle interne forze del pianeta, e sovratutto delle forze sismiche.

Nel Capitolo III della parte prima di questo volume noi abbiamo tracciato il sistema delle curve sismologiche, mostrando come queste siano generalmente allineate sulle rive dei mari o delle grandi cavità lacustri. Lo stesso dee dirsi dei sistemi vulcanici, fatto che non era forse sfuggito alla sagacia degli Antichi, i quali credevano che l'Etna non facesse se non vomitare, sotto forma di vapore, le acque versate dal mare nel baratro di Cariddi. Questa leggenda raffigurava con poetica veste l' ipotesi quasi unanimemente accettata dai moderni dotti, giusta la quale le eruzioni vulcaniche sarebbero principalmente un effetto della trasformazione in vapore delle acque, per filtrazione pe-

netrate nelle profonde viscere della terra. L'Oceano Pacifico, che è il più grande serbatoio di acque del pianeta, è tutto circondato da una serie di montagne ignivome, le une scaglionate in catene, le altre lontane bensì fra loro, ma evidentemente collegate da un' intima connessità, e formanti, nel loro tutt' insieme, un circolo immenso di fuoco, il cui totale sviluppo è di circa 35,000 chilometri.

Se, a percorrere con la mente questa formidabile rotonda di vulcani, noi pigliamo le mosse dall' estremità sua sud-orientale, troviamo dapprima le bocche fumanti della Nuova Zelanda, il Tongariro ed il possente cono di Whakari, nell' Isola Bianca. A settentrione di questo primo anello vulcanico, ne troviamo un secondo nelle isole Viti, nelle quali se l' epoca attuale non presenta segni di recenti eruzioni, ci offre però un gran numero di antichi crateri ed abbondanti sorgenti termali. Colà, una diramazione, dopo avere obliquamente traversato il mare del sud, dalle isole basaltiche di Juan Fernandez (celebri per le avventure di quel leggendario Selkirk, da cui il De Foe trasse l' argomento del suo famoso Robinson Crusoè) fino al gruppo vulcanico delle isole degli Amici, viene a raggiungere la principal catena. la quale, spingendosi al N. O., va a contornare i lidi dell' Australia e della Nuova Guinea. Tra le Viti e l' Arcipelago della Sonda, succedonsi i coni di Abrim e di Tanna nelle Nuove Ebridi, di Tinahoro nel gruppo di Santa Croce, di Semoya nelle isole Salomon. Ma si è nell'Arcipelago della Sonda,

il quale fu così bene chiamato un istmo infranto, che collegava forse un tempo l' Australia all' Indo-Cina, e che separa il Pacifico dall' Oceano Indiano, che incontriamo uno dei più poderosi centri, il più poderoso forse, dell' attività plutonica sul nostro pianeta. Ivi non meno di centonove vulcani eruttano lave, ceneri e fango, sotterrando spesso intere provincie e popolose città, e qualche volta chiudono le loro terribili esplosioni, scoppiando come una immensa polveriera e ricoprendo con le loro macerie e coi loro frantumi migliaia di chilometri di superficie. Tutte le isole che intercedono tra Sumatra e la Papuasia, — Timor, Flores, Sumbava, Lomboch, Bali, Giava, — sono tutte vulcaniche, come lo è la bella e vasta Sumatra, come lo sono pure le *Isole delle Spezierie*, Ceram, Amboina, Gilolo, Ternate (cantata dalla musa di Camoens) la tripartita Celebe, Mindanao, Mindoro, Luçon, e la poco conosciuta Borneo, ove soggiornarono recentemente per nobile amore della scienza, due giovani naturalisti italiani, il genovese Giacomo Doria, ed il toscano Beccari.

A settentrione di Luçon, il grande anello vulcanico s' incurva gradatamente, seguendo una direzione parallela al lido continentale nell' Asia. Una immensa breccia submarina corre sotto la Formosa, le Lieu-Kieu, le isole Giapponesi, l' Arcipelago delle Kurili, che forma come un ponte gettato tra il Giappone ed il Kamsciatkà. A levante di questa penisola, la falange dei crateri s' inflette a mezzocerchio dalla punta di Behring a quella di

Alaçhka, sulla cui estremità si aderge il cono di Unimak.

Sul continente americano il circolo di fuoco prosiegue a svilupparsi lungo la sponda marina occidentale. Il cratere del gigantesco monte Sant' Elia si apre a 5400 metri di elevazione; e più a mezzodì torreggia a 4380 metri quello del Bel-Tempo. Tutta la catena delle Cascate nell' Oregon, quelle della Sierra-Nevada e le montagne Rocciose, sono dominate da coni vulcanici, la più parte spenti, e fra i quali gli attivi (il Baker, il Renier, il Saint-Helens, enormi picchi da 3 a 5000 metri di altitudine) non vomitano che çenere e fumo. Le montagne basaltiche e trachitiche della California e del Messicò non presentano in oggi orifizi attivi di eruzione; ma colossali invece ne offrono gli altipiani del Messico od Anahuac. Ivi sorgono il Colima, il Jorullo, il Nevado di Tolima, l' Istachihuetl, il Popocatepetl, l' Orizaba, il Tuxtla. Più terribilmente attive ancora sono le trenta montagne ignivome che sorgono nell'America Centrale, disposte in due catene, parallela l' una al lido del Pacifico, l' altra obliqua nell' istmo di Nicaragua. Ivi il Fuego, l'Agua, il Faro d' Isalco, il San Salvador, il Coseguina hanno più volte eruttato fiumi di fuso granito, che scesero a sconvolgere e desolare vaste contrade.

La serie dei vulcani fronteggianti il Mare del Sud è interrotta dalle depressioni dell' istmo di Panama e di Darien. Il più settentrionale dei vulcani attivi della Colombia è il Tolima, ardito picco che

si estolle, a 5400 metri, e che è uno de' monti ignivomi più lontani dal mare, la sua base distando circa 200 chilom. dalla sponda del Pacifico. Ma, più a mezzodì, le forze sotterranee si manifestano con nuova energia, in un gruppo di sedici vulcani, alcuni dormenti, altri sempre fumanti, quali il Tunguragua, il Carahuirazo, il Cotopaxi, l'Antisana, il Pichincha, l'Imbaburu, il Sangay ed il gigantesco Chimborazo. La serie delle montagne fiammeggianti non ricomincia che a 1500 chilometri a sud del Sangay (che è forse il più devastatore dei vulcani conosciuti) nel meridionale Perù. I monti di Antuco, di Villarica e di Osorno, nel Chili, compiono la sequela dei grandi vulcani in America; ma la interna fornace si manifesta ancora, più a mezzodì, con altri più umili crateri, fino alle estreme punte della Terra del Fuoco. Vulcaniche, del pari, sono le isole Shetland meridionali, nel grande Oceano Australe; e proseguendo nella stessa direzione verso il polo, si incontrano, fra i ghiacci antartici, i due alti vulcani dell'Erebo e del Monte-Terror, scoperti dal capitano Giovanni Ross. Inflettendosi quindi a N. E. il grande circuito vulcanico, che avvolge così tutta la circonferenza terrestre, va, attraverso a molte piccole isole del mare Australe, a raggiungere la Nuova Zelanda, da cui questa nostra descrizione è partita.

Tale è l'immenso anfiteatro vulcanico che circonda il Pacifico, in mezzo al quale molte fra le belle isole che vi aspettano la luce della civiltà

(se pur non è più vero il dire che la paventano) sono vulcaniche anch'esse, e le loro fiammanti montagne sono gli unici fari che le annunzino al navigatore. Tali sono parecchie delle Marianne; tali le Sandwich; tali le Gallapagos, contenenti non meno di 2000 coni di spenta eruzione.

Meno ricisamente disegnato che intorno al Pacifico, ma pure percettibile anch'esso, è il cerchio vulcanico che rinserra l'Oceano Indiano. Dominato, a levante, dai coni di Giava e di Sumatra, esso ci presenta, a borea, i picchi vulcanici delle isole Nicobare ed Andamane, a ponente la penisola di Kutch ed il Delta dell'Indo, cui le scosse sotterranee agitano sovente, molti cumuli di lava sulle coste arabiche, ed il monte Kenia, il solo vulcano, (dicesi) che ci offra il continente orientale d'Africa. Ma le isole africane ne porgono invece un gran numero, specialmente quelle di Socotora, di Maurizio, della Riunione, di San Paolo, di Amsterdam.

Simmetrica è del pari la disposizione dei vulcani sulle rive dell'Atlantico. A settentrione, si schierano i picchi vulcanici di Giovanni Mayen e di quella singolare terra di ghiaccio e di fuoco, che nomasi Islanda, e sulla quale vive una scarsa e non ricca, ma industre e morale popolazione, che riesce a mostrare a noi, abitanti di più fortunate contrade, come, anche senza i sorrisi del cielo, la virtù ed il lavoro sappiano essere felici. Ivi il Krabla, il Cattalagiaa, l'Eifialla Iokul, l'Eirefa Iokul, lo Skaptaar Iokul, lo Skaptaar Sissel, il Wester

Iokul, l' Ecla e quei Geysers, dei quali abbiamo fatto cenno più sopra, attestano quanto sia possente, in quelle alte latitudini, l' attività delle forze vulcaniche. A 2500 chilom. circa più presso all' equatore, sorgono dal mare i picchi delle Azorre, gli uni estinti, gli altri fumanti tuttora. Anco più a mezzodì, la formidabile linea vulcanica si continua nell' arcipelago delle Canarie, su cui torreggia il picco di Teyda. Succedono quindi le vette del Capo Verde, e poi, a sud, l' unico vulcano occidentale d' Africa, il Camerones, e molti crateri spenti. Più ricco di vulcani è il bacino Atlantico sulla costa americana, ove, in una cerchia relativamente angusta, si aggruppano le fumanti cime, le solfatare, le sorgenti termali o fangose della Trinità, della Granata, di S. Vincenzo, di Santa Lucia, della Dominica, della Guadalupa, di Monserrato, di Nevis, di S. Cristoforo, di Sant' Eustachio, oltre alla zona vulcanica submarina, della quale ho di proposito tenuto discorso nel capitolo destinato alla Geosismologia.

E qui non voglio lasciar trascorrere questa occasione, senza notare come i due possenti nodi vulcanici delle Antille e delle Isole della Sonda trovinsi precisamente agli antipodi l' uno rispetto all' altro, e molto vicini entrambi a quei due secondari poli di schiacciamento, che la Fisica del Globo ci addita nei due emisferi, orientale ed occidentale. Inoltre sì l' uno che l' altro quei due centri di sotterranea combustione (certo i più ardenti che esistano sul globo) fiancheggiano, l' uno

a levante, l'altro a ponente, l'immensa curva di vulcani, che accerchia tutto il Pacifico.

Il nostro Mediterraneo non è, almeno nell'epoca geologica attuale, contornato, come i due grandi Oceani, da un perfetto circolo di vulcani. Ma i laghi Appenninici, quasi tutti occupanti il fondo di antichi spenti crateri, i manifesti indizi di una remota attività vulcanica nei Campi Flegrei, nei Colli Euganei, nelle montagne centrali e meridionali della Francia, nella Spagna, nelle Baleari, non ci lasciano pur menomamente dubitare, che qui pure la riazione delle forze interiori fu un dì assai possente più che ai giorni nostri non sia. Del resto, anche oggidì il Mediterraneo ci conferma la gran legge della prossimità dei vulcani al mare. Si è dal bel mezzo di questo e sui lidi, che si adergono tutte le sue ardenti montagne, l'Etna, il Vesuvio, lo Stromboli, Vulcano, l'Epomeo, Santorino. Egli è, del pari, non lungi dal Caspio, che trovansi i vulcani di fango e di gaz della penisola di Apcheron e l'erta cima del Demavend. Nè a questa legge, siccome ho già osservato là dove trattavasi della distribuzione geografica dei terremoti, farebbero eccezione (quando la loro esistenza fosse più perfettamente provata di quel che sia) i vulcani Mongolici, il Turfan, che dicesi tuttora fumante, ed il Pe-Cham, che sarebbe stato (giusta una locale tradizione) attivo fino al VII° secolo; perocchè la parte dell'Asia in cui sorgono quelle montagne, benchè interterranea, è però quella precisamente, ove si raccolgano le più grandi

masse lacuali di acque salmastre, residui di un antico Mediterraneo asiatico, quasi eguale in grandezza all'europeo.

Così descritti, nel loro complesso, i grandi lineamenti che le arcane forze plutoniche hanno impresso al nostro pianeta, intraprendiamo ora una più speciale perlustrazione delle precipue sue regioni vulcaniche, cominciando da quella che appartiene alla nostra Italia.

CAPITOLO II.

I vulcani dell' Italia

I.

L' ETNA

Vi hanno sul nostro pianeta centinaia di montagne più eccelse dell' Etna: il Gaurisankar lo supera due volte e mezza, spingendo la sua vetta ad 8840 metri. Vi hanno vulcani infinitamente più terribili dell'Etna: il Kilauea ha per cratere un lago di fuoco; e l'esplosione del Timboro nel 1815 velò di ceneri il sole sopra un raggio di 500 chilometri tutto all'intorno, ed uccise più uomini che l'artiglieria di Waterloo o di Sadowa.

E nondimeno l'Etna è una delle più superbe e meravigliose creazioni che esistano sul nostro globo; e nei fasti della storia e della letteratura non vi

ha montagna che sia stata al par di lui celebrata ([1]).

L'antica Mitologia ci rappresenta la sua cima come l'asilo di Deucalione e Pirra, fuggenti le onde del diluvio universale. Pindaro lo saluta col nome di colonna del cielo, e lo chiama l'eterno vivaio delle nevi. Il contrasto che queste ultime presentano coi sotterranei fuochi, di tratto in tratto erompenti, ha sempre ispirato l'immaginazione de' poeti, fra' quali piacemi qui ricordare Silio Italico e Claudiano. Il primo così cantava:

» Summo cana jugo cohibet (mirabile dictu)
» Vicinam flammis glaciem, æternoque rigore.

Ed il secondo;

» Sed quamvis nimio fervens exuberet æstu
» Scit nivibus servare fidem ».

Tutto è sublime contrasto su quel gigante di lave: i geli ne incoronano la fronte, il fuoco circola nel possente suo seno; l'immenso suo torso è coperto di ricca e svariata vegetazione, il cui manto

([1]) Le opere principali che mi servirono di guida nella presente trattazione sono: Alessi, *Storia Critica dell' Eruzione dell' Etna.* — Ferrara, *Descrizione dell' Etna.* — Recupero, *Storia dell' Etna.* — Spallanzani, *Viaggio alle Due Sicilie.* — Gemellaro, *Quadro istorico dell' Etna.* — H. Smith, *Sicily.* — Brydone, *A tour through Sicily and Malta.* — Fouqué, *Lettre à M. Sainte-Claire-Deville.* — Lyell, *Principles of Geology*, vol. II. Chap. XXVI. Id. — *Philosoph. Transact, for 1858.* Part. II. — Poulett - Scrope, *Volcans* — Boscowitz, *Volcans et Tremblements de Terre.* — Abich, *Vues Illust. des Phénomènes géologiques, sur le Vesuve et l' Etna.* — Aradas, *Le cause delle Eruzioni vulcaniche e dei Tremuoti.*

scende ondeggiante fino ai piedi del colosso e va a bagnarsi nel mare. Nessun altro punto della terra forse ci presenta, in così angusto spazio, tante diverse grandezze, tanti stupendi orrori, tanta desolazione congiunta a tanta grazia ed a sì incomparabile beltà.

È a dolere (dice lo Spallanzani nel suo *Viaggio alle due Sicilie*, uno dei più perfetti e dilettevoli libri che possegga la italiana letteratura scientifica, ed, al solito, uno dei libri meno letti dagli Italiani) che manchiamo assolutamente di una completa Storia dell'Etna, della quale se fossimo arricchiti, potremmo apprendere, a grande illustrazione della teoria dei vulcani, la moltiplicità de' cangiamenti in diversi tempi avvenuti alla sommità di questa bruciante montagna. Tali cangiamenti sono innegabili, ove si considerino le scarse ma preziose notizie lasciateci dagli antichi sull'Etna, il quale, a' tempi di Strabone, terminava con un piano equabile del giro di venti stadi, con un solo monticello fumante nel mezzo; e nell'epoca di Solino, e poi in quella del Cardinale Bembo, non da un solo ma da due distinti crateri scaturivano i vapori e le fiamme. Ma se, da una parte evidenti, queste metamorfosi della montagna sono, dall'altra, lentissime e fornirono a Carlo Lyell un valido argomento per inferirne la enorme antichità dell'ignivomo monte. Fra gli 80 più cospicui coni minori, che adornano i fianchi dell'Etna, uno soltanto, quello dei Monti Rossi, è stato prodotto nei tempi della storia autentica, tutti gli altri sono il portato di

convulsioni. la cui cronologia si conta a migliaia di secoli.

Il vulcano si aderge nella parte N. E. della Sicilia a 37° 46′ di latitudine boreale. La sua altezza, che fu, sino al principio del secolo nostro, l'oggetto di vive controversie, è di 3300 metri, o, esattamente 10,874 piedi inglesi, secondo le accurate misure dell'ammiraglio Smith. La base della montagna, ricisamente limitata dal mare e da due modesti corsi d'acqua, ha una circonferenza di quasi 180 chilometri, il cui maggior diametro si stende da oriente ad occidente. All'estremità meridionale di questa base, giace la città di Catania, la cui fondazione rimonta, dicesi, a sette secoli prima dell'êra cristiana.

Fin dalla più remota antichità delle tradizioni umane, l'Etna fu un vulcano attivo, poichè Diodoro Siculo fa menzione di una eruzione, che costrinse i Sicani ad abbandonare una vasta superficie, prima della guerra di Troja. Tucidide racconta come nel sesto anno della guerra del Peloponneso, ossia nella primavera dell'anno 425 avanti Cristo, un torrente di lava desolasse i dintorni di Catania; e quella, dic'egli, era la terza eruzione accaduta in Sicilia dopo la venuta dei coloni Greci in quell'isola. La seconda delle tre convulsioni, alle quali allude lo storico ateniese, avvenne nell'anno 475 av. C., ed era stata poeticamente descritta da Pindaro nella prima sua ode Pizia.

Alessi, nella sua *Storia critica delle Eruzioni dell'Etna*, riporta uno squarcio di Seneca, il quale,

Fig. 20. — Eruzione dell' Etna.

nel primo secolo dell'êra nostra, ricorda come il monte Etna avesse al suo tempo perduto tanta parte della sua altezza, che più non poteva scorgersi dai naviganti in certi tratti di mare, dai quali era stato perfettamente visibile nei tempi anteriori. Molti secoli dopo, Falcando riferisce che la sommità estrema dell' Etna era caduta nell' anno 1179; e dessa fu la terza volta distrutta, secondo il Fazzello, nel 1329. Cadde di bel nuovo il vertice nel 1444; e un' altra grande rovina si verificò nel 1669, dopo la qual' epoca il cono rimase tronco qual' è oggi ancora. (Fig. 20).

La grande eruzione, or ora ricordata, del 1669 merita fra tutte peculiare attenzione, siccome la prima che sia stata descritta da osservatori scienziati. Un terremoto aveva atterrato tutte le case di Nicolosi, città prossima al margine inferiore della regione boschiva, a 20 miglia dalla sommità dell' Etna e a 10 dal mare a Catania. Due baratri si spalancarono allora presso a quella sventurata città, dai quali furono lanciate sabbie e scorie in tal copia, che in meno di quattro mesi, due coni si formarono, chiamati i Monti Rossi, alti circa 450 piedi. Ma il più straordinario fenomeno apparve al principio della convulsione nella pianura di S. Leo. Un crepaccio, largo sei piedi e d' immensa, ignota profondità, si aperse con tremendo fragore, risalendo con tortuoso meato fino ad un miglio della vetta etnea. La sua direzione era da settentrione a mezzodì; era lungo ben 12 miglia, ed emetteva vividissima luce. Cinque altre parallele

fessure di notevole lunghezza si formarono poco stante l'una appresso all'altra, dalle quali tutte uscivano vapori e suoni cupi e profondi, che potevano udirsi a 40 miglia di distanza.

La corrente di lava del 1669 tosto raggiunse, nella sua corsa discendente, un minor cono chiamato Monpileri, alla cui base entrò in una sotterranea caverna, comunicante con una serie di quelle grotte, che sono così comuni sui fianchi del Mongibello. Il contatto di quelle ardenti materie sembra aver liquefatto alcune fra le fondazioni a vôlto, su cui riposava il cono, giacchè tutta la collina si abbassò quind'innanzi lentamente.

La immensa fiumana di fuoco, dopo avere distrutto sul suo passaggio quattordici fra città e borgate, di cui più d'una popolata di 3 o 4 mila abitanti, giunse sotto le mura di Catania. Contro a quel baluardo le lave si accumularono, infino a che n'ebbero raggiunta la sommità, alta 60 piedi. Rovesciandosi allora dall' altra parte, l' orribil fiume si precipitò in cascata di fuoco sulla città di Catania, della quale distrusse una notevole porzione. (Fig. 21).

Quella grande corrente compì le prime 13 miglia del suo corso in 20 giorni, procedendo in ragione di 162 piedi all'ora: ma impiegò 23 giorni per varcare le ultime 2 miglia, avanzandosi quindi con una velocità di soli 22 piedi per ora, e Dolomieu ci informa che la lava, durante una porzione del suo tragitto, correva nella ragione di 1500 piedi all'ora, ed in altro più giorni passa-

Fig. 21. — Catania invasa dalle Lave.

vano prima che si fosse avanzata di poche diecine di piedi. Entrando nel mare, essa era ancora larga circa 600 metri e profonda 15. Nel suo incesso, la superficie della lava era in generale una massa di solida roccia, ed il suo avanzarsi (come suole sempre in simili casi avvenire) consisteva nell'alterno frangersi e risaldarsi della crosta o *sciarra;* talchè un corpo di lava fu bene definito un torrente che si argina e si disargina continuamente da sè stesso. Un gentiluomo di Catania, di nome Pappalardo, volendo preservare la città dalla minacciante fiumana che s'appressava, condusse 50 uomini vestiti di pelliccie per proteggerli dall'infernale calore, ed armati di picche e di sbarre di ferro, fino a Belpasso; quivi costoro apersero il fianco della corrente, ed immediatamente da quel foro sgorgò la fusa materia, prendendo la direzione di Paternò; ma gli abitanti di questa città, atterriti dal pericolo che loro sovrastava, uscirono in armi ed obbligarono i Catanesi a desistere.

Dopo quella terribile conflagrazione del 1669, altre numerose eruzioni squarciarono sovente i fianchi e la cima dell'Etna, fra le quali ricorderemo quelle del 1754, del 1766, del 1771, del 1780, del 1792, del 1809, del 1812. Prima di quella del Dicembre 1868, l'ultima fu quella del 1865. I primi suoi sintomi furono frequenti scosse di terremoto sentite sulle pendici del monte fin dall'ottobre 1864. Verso lo scorcio di gennaio, una colonna di fumo si alzò dal cratere, e contemporaneamente cupi boati, e lievi vibrazioni scossero il versante orientale degli

Appennini. Nella notte dal 30 al 31 gennaio, una violenta scossa fece uscire esterrefatti dalle loro case gli abitanti dei villaggi posti sul fianco a N. E. della montagna; ed immediatamente dopo, immense lingue di fuoco furono viste slanciarsi da un punto situato a 1700 metri circa al disopra del mare. Tosto dall'aperto suolo la lava sgorgò rapidamente, percorrendo in tre giorni una lunghezza di 6 chilometri, sopra una larghezza da 3 a 4, e con una variabile profondità, che in più luoghi era da 10 a 20 metri. La corrente, fermata un istante da un antico cono di eruzione, si biforcò in due rami, l'uno dei quali, precipitando in un'angusta e profonda valle, formava una cascata di fuoco di 50 metri di altezza.

Il 10 marzo i crateri erano in numero di sette, cinque dei quali compresi in un vasto circuito chiuso da tutti i lati, tranne verso ponente, ove da una grande apertura vomitavansi torrenti di lava. Quei crateri erano impiantati sul prolungamento di un largo crepaccio del suolo, apertosi probabilmente, come già in altre precedenti convulsioni, fin dal principio della eruzione, a 500 metri dai piedi del Monte Frumento, formato anch'esso da una antica conflagrazione del vulcano.

I poveri Etnei, dei quali erano così minacciate le proprietà e le vite, ricorsero supplichevoli ai Santi, e sovratutto a Sant'Agata, la quale nel secolo XVII aveva, a creder loro, una volta fermato le onde fiammeggianti. Ma nè le preghiere nè le processioni poterono questa fiata scongiurare le po-

tenze infernali: scendendo con maestosa, inesorabile lentezza, il torrente divorò i vigneti, i pingui colti, le case di quegl' infelici.

Encelado, il più possente dei Titani, sepolto da Giove sotto la Sicilia, era, secondo la favola, la causa delle eruzioni dell'Etna; e da quel mito un gran poeta Americano vivente, Longfellow, ha potuto trarre argomento per una stupenda poesia, che l' illustre nostro Prof. Messedaglia ha voltato in isplendidi versi italiani. Noi cercheremo di assegnare alle eruzioni etnee una causa alquanto più razionale. Ma, frattanto, anche, senza entrare nel campo delle personificazioni mitologiche, non si può a meno (diremo con un valente scienziato, il signor Eliseo Reclus) di contemplare il vulcano come se fosse un ente dotato di vita individuale, e godente la coscienza della sua forza. I lineamenti dell' Etna, così regolari e così nobili nel loro riposo, ricordano quasi l' effigie di un Dio dormente: non è già, come volea la leggenda antica, la montagna che pesa sul corpo di Encelado; è il Titano egli stesso, è la vetusta divinità protettrice dei Siculi, abbandonata pel culto dei più giovani Dei della Grecia, i veri padroni dell' Olimpo.

La montagna etnea è divisa in tre successive zone perfettamente distinte, e designate, giusta i peculiari loro caratteri, sotto i nomi di *Regione Culta*, *Regione Selvosa* e *Regione Deserta*, così differenti fra loro, nel rispetto del clima e delle produzioni, come sono le grandi zone geografiche del globo; talchè si potrebbero a ragione, dice il

Brydone, denominarle zona torrida, temperata e glaciale.

La prima regione, la quale, del pari che le due altre, gira tutto attorno alla montagna, parte dalla base e stendesi irregolarmente sopra una larghezza da tre a 14 chilometri. La fertilità meravigliosa e sto per dire impareggiabile di quel suolo, è stata decantata da tutti gli autori che hanno scritto dell' Etna, da Strabone al Bembo, dal Fasello allo Spallanzani, dal Brydone al Lyell. I prodotti di quella zona, olio, grano, vino, frutta, aromi, sono riguardati i migliori della Sicilia, sopratutto i fichi, di una qualità unica al mondo, « È noto del pari, scrive lo Spallanzani, che tanta fertilità è dono dell' istessa lava, che, per la lunghezza dei tempi rammollita, ha prodotto un terreno fertilissimo, compensando per tal guisa la passata miseria con la presente ubertà, alla quale però contribuito hanno di molto le opere, l' industria dell' agricoltura, oltre lo sfasciamento e la corruzione de' vegetabili stessi, che hanno sì gran parte nella fruttificazione delle terre. Non è però che quelle lave non manifestino in alcuni angoli la nativa salvatichezza, sporgendo dal facile ed utile suolo sotto forma di punte e di tumori, oppure scoprendo i fianchi ignudi alle sponde dei torrenti ».

Alla fertile zona succede la selvosa, larga, circolare striscia, profonda da dieci a dodici chilometri, di belle boscaglie, che fanno al Mongibello una verdeggiante cintura di roveri, di abeti, di faggi e di pini. Sventuratamente la scure del legnaiuolo

è colà, come sulla maggior parte degli italici monti, intenta alla barbara opera del distruggere le più vigorose piante; e non andrà guari che una delle più belle fra le nemorose contrade della terra sarà trasformata in arido e sterile deserto.

Il più venerando ornamento di quella foresta è il famoso *Castagno dai Cento Cavalli*, considerato come il più vecchio albero dell' Europa. Narra la tradizione che Giovanna d'Aragona, andando di Spagna a Napoli, fermatasi in Sicilia, si recò a visitare l' Etna, accompagnata da tutta la nobiltà di Catania. Era a cavallo, come tutto il suo seguito; ed essendo sopraggiunto un temporale, si ricoverò sotto quell' albero, il cui vasto fogliame bastò a riparare dalla pioggia la regina e tutti i suoi cavalieri, d' onde il nome dato all' antica pianta. Questa versione non è forse che una favola popolare; ed il conte di Borch pretende che quel nome derivi puramente da ciò che cinquanta cavalli possono capire nel cavo tronco, ed altri cinquanta stare al coperto tutto all' intorno. Or è un quarto di secolo, il corpo di quel vegliardo della vegetazione era formato di cinque grandi tronchi e di due più piccoli; ma affermano gli Etnei che quella vetusta gloria delle loro foreste non era che un tronco solo, diviso e smembrato poi dall' azione distruggitrice del tempo. In appoggio di questa asserzione starebbe il fatto che tutta la parte interna del circolo formato dal complesso dei tronchi sussistenti è completamente sprovveduto di corteccia. L' ammiraglio Smyth afferma che il più grosso dei

tronchi aveva a' suoi dì ancora 38 piedi inglesi di circonferenza, e che in tutto i sette tronchi, legati insieme da radici comuni, misuravano un circolo di 173 piedi. Ma recentemente il signor E. Reclus ha riconosciuto che nel luogo ove sorgeva un tempo la parte centrale del gigantesco castagno, passa oggi un sentiero, cui le acque del temporale vanno ogni giorno più scavando, a danno delle radici.

Più di una volta i torrenti di lave, scendendo dalla ignivoma cima, e traversando la regione selvosa, vennero a contatto degli alberi, atterrandoli e riducendoli in ceneri. Tal fiata però fu osservato il fenomeno, in apparenza molto singolare, di una o più piante che, assalite e circondate dalla infuocata fiumana, lungi dal cadere e dal restare abbruciate, continuano per tempo anche abbastanza lungo a rimaner ritte ed a vivere. Questo fenomeno non si sarebbe mai potuto spiegare, senza la bella legge intorno allo *stato sferoidale*, scoperta recentemente dal signor Boutigny, e la quale forma un nuovo ramo delle scienze fisiche. La cosa è tanto importante, che non sarà, credo, discara ai più fra i nostri lettori una piccola digressione, per darne loro una idea.

Se noi prendiamo due capsulette di platino di spessore e di diametro eguali, l'una scaldata a 100 gradi, l'altra a 150°, e se versiamo un centimetro cubo di acqua in ciascuna capsuletta, vediamo tosto che, nella seconda l'acqua si vaporizza più rapidamente che nella prima. Ma se ripetiamo

l' esperienza con una capsula scaldata a 150° e con una capsula scaldata, a 400°, noi osserviamo che in quest' ultima non solamente l'acqua impiega più tempo a scomparire che non nell' altra, ma che inoltre il liquido assume una forma globolare, *sferoidale*, ed è agitato da movimenti regolari, i quali hanno per effetto di generare figure simmetriche. In questo stato, l' acqua ha una temperatura che non eccede 96°,5; la massima parte del calore che le viene comunicato, è riflessa, e sembra che non vi sia comunicazione immediata, diretto contatto tra l' acqua e la capsula che la contiene. Del pari, se noi immergiamo in un recipiente pieno d'acqua una sfera d' argento massiccio incandescente, riconosciamo che fino a tanto che la sfera rimane così possentemente riscaldata, l' acqua non bolle e non tocca la sfera, tra la quale ed il liquido si trova uno spazio vuoto, perfettamente osservabile ad occhio veggente. Ma appena l' incandescenza scomparisce, e la temperatura del metallo ribassa, l' ebollizione dell' acqua subito si manifesta tumultuosa e violenta.

Tutti i corpi liquidi, suscettibili di bollire senza decomporsi, possono assumere lo *stato sferoidale*, e la loro temperatura è allora un poco inferiore al loro punto di ebollizione. Mercè della conoscenza di questo nuovo stato dei liquidi, noi riusciamo a spiegarci come avvenga che si possa immergere impunemente la mano in un bagno di metallo fuso, e con pericolo tanto minore quanto è più elevata la temperatura; si scopre così l' artificio di certi

giuocolieri e pretesi facitori di miracoli; si comprende eziandio come gli operai impiegati nelle fondite di acciaio di Bessemer ardiscano, dicesi, di toccar con la lingua il getto di fuso metallo. La mano, la lingua o quell' altra parte del corpo che si espone alla coraggiosa prova, è coperta da uno strato di umidità, la quale, qualunque sia la sua natura, si costituisce allo stato sferoidale in seguito al suo contatto con un corpo caldissimo; ed allora, mercè della sua interposizione, non solo difende la mano, le carni dal contatto dell' ardente metallo, ma eziandio le preserva dall' azione dei raggi calorifici che ne emanano, perocchè, essendo *sferoidalizzata*, essa li riflette e li respinge. Per rendere più sicura l' esperienza, si immerge dapprima la mano nell' acqua, e si opera con un metallo che non possa rimanere fuso se non ad elevatissima temperatura. Più spesso sarà lo strato di umidità, e più grande il calore del fuso metallo, più sarà dato di protrarre l' esperienza, e di immergere e ritirare varie volte di seguito la mano dal vaso incandescente, senza pericolo.

Benchè tutto ciò sia perfettamente dimostrato dall' esperienza, io non consiglierei però di farne troppo alla leggera la prova, pel rischio che l' umidità non sia abbastanza spessa, nè abbastanza alta la temperatura. Chi si sentisse, del resto, la missione di taumaturgo e volesse profittare delle scoperte della scienza occidentale per fondare, coll' autorità dei miracoli, una nuova religione in Oriente, saprebbe ora come fare.

Or bene, nulla di più facile, dopo una tale spiegazione, che il renderci ragione della relativa incolumità delle piante etnee, avvolte dalle lave. L'umidità dei tronchi d'albero e quella che fornisce alla loro corteccia il sugo vegetale, al sopravvenire del torrente di fuoco, si costituisce allo stato sferoidale, e serve così di impenetrabile invol̂ucro che preserva la pianta dall'incendio, finchè col tempo cessi l'incandescenza delle lave, e con essa la *sferoidizzazione* degli umori, momento in cui la pianta è inevitabilmente incenerita. Gli eccessi si toccano, dice il volgare proverbio: qui è l'eccesso del calore, che serve di scudo contro l'arsione e l'incendio.

Ma torniamo alla descrizione della montagna. Nella regione selvosa trovansi numerose grotte, una delle quali è la celebre *Spelonca delle Capre*, in cui i viaggiatori non mancavano un tempo di cercare un asilo la notte, per poter poi al mattino successivo riprendere l'ascensione alla vetta del vulcano. Lo Spallanzani ha provato che quella grotta, da tempo immemorabile formata, non è già lavorio delle acque piovane, ma bensì un prodotto dei gaz elastici delle lave quando eran liquide, i quali hanno in esse cagionato quel vuoto. Ma al dì d'oggi i visitatori del Mongibello trovano un più comodo rifugio nella così detta *Casa degl'Inglesi*, costrutta un poco più in su, nella zona deserta, a spese degli ufficiali della stazione navale britannica. Non lungi si scorgono gli avanzi di una antichissima costruzione in mattoni, chiamata la *Torre del Filosofo*. Vuolsi ch'essa

appartenesse ad Empedocle, filosofo Pitagorico, fiorente verso l'anno 400 avanti G. C., il quale erasi stabilito in quel luogo per istudiar da vicino i fenomeni vulcanici. Volendo (la tradizione aggiunge) nascondere agli umani la sua fine, ed esser creduto un Dio, Empedocle si precipitò volontariamente nel cratere; ma il vulcano, rigettando i sandali di bronzo del filosofo, ne svelò al mondo la morbosa e folle vanità. Avviso ai filosofi, che volessero imitare il discepolo di Pitagora, a non munirsi di scarpe di metallo! In quanto a me, amo credere piuttosto che quel grand'uomo sia perito vittima del suo ardente e temerario amore per la scienza.

La regione deserta, la fredda e gelida zona, la vera e grande ossatura dell'Etna, ricisamente separata dalla precedente, è una trista e squallida solitudine formata di strati di lava nerastra, coperta di scorie, di ceneri, di neve e di ghiaccio, la quale stendesi attorno alla montagna ed occupa in larghezza uno spazio di dieci a dodici chilometri. Difficilissima è l'ascesa e disastrosa, in quella immensità di scorie, ora fitte e compatte, ora piene di cavernette e di larghe soluzioni di continuità. Chi voglia formarsene una idea, legga il Capitolo VIII del *Viaggio alle Due Sicilie* dello Spallanzani. Il più favorevole periodo per salire la montagna, comincia verso il 15 giugno, e dura fino alle prime piogge d'autunno.

Ma per quanto sia grande la fatica e la difficoltà dell'impresa, ampio è il compenso che aspetta il viaggiatore, il quale, giunto alla vetta, gode uno

spettacolo, di cui l'immaginazione più vivida è impotente a rappresentare la sublime grandezza. Le Isole Eolie e le mille rupi che circondano la Sicilia, sembrano, per effetto della rifrazione, formare un magico cerchio. Per la ragione stessa, tutto attorno all'Etna, le distanze svaniscono, ed ogni minima particolarità nitida appare e precisa. La regione selvosa, sulla quale le successive eruzioni del gigante hanno seminato le colline ed i coni, sembra formare alla montagna una cintura di smeraldi e di fiori. Una infinità di piccole montagnole coniche si rizzano, al di sotto, nella regione colta, le quali furono un tempo altrettanti crateri, ed oggi sono molli pendici d'incomparabile ubertà. A mezzodì ed a levante, l'azzurro immenso del mare; a dritta ed a sinistra, i due modesti corsi d'acqua, il Semeto e l'Alcantara, perduti nei meandri delle ridenti loro vallette; e, come sfondo, l'isola intera, con le sue città, le sue montagne, i suoi fiumi, e, dall'altro lato, la costa italiana col suo perenne giardino. Egli è impossibile volgere lo sguardo sopra tale scena, senza che la mente ricorra alla dolce canzone, perpetuamente giovane, di Goethe:

Kennst du das Land, wo die Citronen blühn?...

Quell'immenso ed al tempo stesso gentil sorriso della Natura, cui l'occhio giammai non si stanca di contemplare, contrasta ricisamente coi fenomeni che presenta, a' piedi del visitatore, la bocca stessa del vulcano.

Il cratere, formato dalla incessante accumulazione di una massa di sabbia e di ceneri, è, come ho già detto, soggetto a continue modificazioni. Spallanzani lo trovò diversamente costituito da quello che lo aveano veduto Hamilton, Riedesel, Brydone e Borch; l'ammiraglio Smith, Kephalides, Reclus lo riconobbero cambiato ancora. In oggi forma un immenso ovale, il cui grand' asse non misura meno di cinquecento metri. L' interna parete è tutta coperta da un tappeto di afflorescenze di vario colore, fra le quali domina l' arancio. Il fondo del cratere è formato di un piano quasi orizzontale, del giro di due terzi di miglio, esso pure in giallo rancio listato, colore che in sulle prime si crederebbe prodotto da concrezioni solforose, ma che proviene invece da muriato ammoniacale. Verso il mezzo di quella pianura, sorgono monticelli di scorie e di ceneri, sulla cima di ciascuno dei quali apresi larga una bocca. I fianchi di quei coni sono screziati da più crepacci e fenditure, d' onde esalano ad intervalli masse di fumo, nell' atto che odonsi cupi boati e sordi rumori.

Alle falde del cono terminale dell' Etna trovasi il *Piano del Lago*, così chiamato da una laguna formatavi negli antichi tempi dalla fusione delle nevi, e poscia disseccata da un torrente di fuoco e colmata dalle lave. Il vapore d' acqua che, come vedremo, esce in immensa copia dal vulcano, portato da un vento assai forte, che spira quasi costantemente dal mezzodì, scende da questo lato dell' Etna, e condensandosi, produce piccoli rivi,

cui le pioggie trasformano in torrenti, i quali scavano profondi e scoscesi burroni. Più al basso questi crepacci del suolo diventano voragini talmente vaste, che sembrano dovere la loro origine, piuttosto a qualche grande convulsione della Natura, anzichè alla lunga e prolungata azione delle pioggc e delle nevi. Sono queste fenditure che, ponendo a nudo le viscere della montagna, hanno permesso ai geologi di conoscere, in parte almeno, l'interna struttura della mole etnea.

La più grande, la più formidabile di quelle voragini è la *Valle del Bove,* immenso precipizio cui non è dato di poter contemplare senza una specie di sacro ed arcano orrore, e che deve il suo nome ad una antica tradizione, giusta la quale il pastore

> . . . . in reducta valle *mugientium*
> Prospectat errantes greges.

Questo baratro si apre nella parte orientale dell'Etna, ed ha una profondità da 1000 a 1300 metri. Dall'alto delle rupi che dominano quell'abisso, lo sguardo (per servirci di una bella espressione di Arnoldo Boscowitz) penetra fino al cuore della montagna: e contempla la serie degli strati di lave cui l'Etna ha da secoli vomitato. In quella guisa stessa che, per iscoprire l'età di un colosso del mondo vegetale, il botanico enumera i cerchi concentrici del suo tronco, così del pari il geologo può formarsi una lontana idea dell'immensa vetustà del gigante, sul quale a stento si arrampica, osser-

vando l' enorme accumulazione degli strati di lava, che nel lento corso dei secoli si appoggiarono sui fianchi della montagna.

Sulla origine della Valle del Bove molto si è disputato. Carlo Lyell pensa, che in qualche antica e preistorica eruzione, la vetta intera dell'Etna scoppiasse un dì come una immensa bomba e che la vasta cavità sia stata appunto prodotta dalla esplosione dei vapori che uscirono fuori lateralmente dal monte durante una o più di quelle spaventose conflagrazioni. L' ipotesi dell' illustre geologo inglese è appoggiata a numerosi fatti osservati dalla scienza. Nel 1822, mentre l' isola di Giava era devastata da un formidabile terremoto e da una grande eruzione, un fianco della montagna di Golongun, che era coperto da una densa foresta, esplose e divenne un'enorme voragine in forma di semicircolo. Grossi blocchi di basalto furono proiettati alla distanza di sette miglia; a quella di 40 miglia cadde una pioggia di ceneri e di lapilli grossi come noci, da cui furono sepolti numerosi villaggi. Nel 1772 il vulcano di Papandayang, nell' isola stessa, perdette ben 4000 piedi della sua altezza, e i prodotti delle esplosioni sotterrarono 40 borgate, lasciando il monte con la forma di un tronco di cono. La sommità del Carguairazo, una delle più eccelse Ande di Quito, cadde nella istessa guisa il 19 luglio 1698; ed un altro cono di ancora maggiore altitudine nella catena medesima, il Capac Urcu, fu, secondo la tradizione, troncato poco tempo prima della conquista spagnuola.

Egli è probabile che, quando la lava si solleva verso la cima di quei superbi coni, le fondamenta di qualche parte della vulcanica struttura vengano sottominate e fuse, cosicchè la sovrastante parte del monte, perdendo in quei luoghi il suo punto di appoggio, si frani e crolli; come è del pari possibile che i vapori prodotti in quelle immense conflagrazioni aprano grandi fissure nei fianchi della ignivoma montagna.

Secondo il signor Poulett-Scrope, il Val di Bove avrebbe invece per origine una grande spaccatura trasformata in cratere da qualche parosisma che fece saltare fino al cuore la montagna, e che fu poi ampliata dall'azione delle acque irruenti, prodotte dalla rapida fusione delle nevi nelle regioni superiori, sotto l'influenza del calore emanante dalle lave espulse e dalle pioggie di scorie incandescenti. Si narra, infatti, che un torrente di tal natura irruppe in quella valle nel marzo del 1755, mentre il vulcano era tutto coperto di nevi. Giusta Recupero, quel torrente aveva una velocità di 2 chilometri e 400 metri al minuto sopra uno spazio di 20 chilometri, velocità che dovea dargli una forza enorme di erosione e di distruzione.

Waltershausen osservò pel primo nella Valle del Bove una serie di dicchi od argini di diorite, convergenti al centro supposto dell'antica eruzione, o all'asse di Trifoglietto; ed un numero molto maggiore di simili dicchi o muraglie verticali di dura lava irradiano dal moderno centro di eruzione, ossia dal cratere stesso del Mongibello. Essi constano

principalmente di dolerite, mista o meglio intersecata da trachite e da basalto. La loro larghezza varia da meno di un metro fino a sette metri e più, e generalmente si proiettano fuori dall' erta pendice del monte, come apparisce dall' annessa Fig. 22.
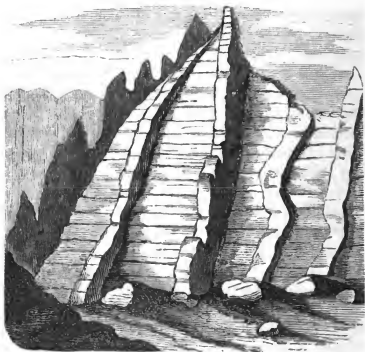
Fig. 22. — Dicchi alla base della Serra del Solfizio. Etna.

I loro materiali sono molto più duri degli strati ch' essi traversano, epperò vanno assai meno di questi ultimi soggetti alla erosione prodotta dalle meteorologiche vicende.

Le eruzioni dell' Etna sono generalmente precedute da nugoli e colonne di denso fumo, traversati da lampi e da saette, che sono certamente il prodotto della elettricità sviluppata dal violento attrito delle materie in conflagrazione. Il fenomeno è accompagnato da detonazioni e terremoti, che fecero dare alla contrada il nome significativo di *Val Demone.* Siffatti commovimenti continuano insino a che l'interno baratro non sia ripieno di materie in fusione; e siccome la grande altezza del cono terminale si oppone il più delle volte a che le incandescenti masse crompano dalla sua apertura, indi accade che esse facciansi strada attraverso le pareti della montagna che oppongono loro minore resistenza, dando luogo così ad uno o più crateri secondari, dai quali si proiettano fuori infiammate rocce, scorie, ceneri incandescenti, le quali, scagliate ad altezze grandissime, ricadono intorno, seminando ovunque la morte e la distruzione. Di questi coni figliali tutte le pendici dell' Etna sono coperte; molti fra essi sono alti tre o quattrocento metri, e la maggior parte si ammantano, a lungo andare, se compresi nelle due più basse regioni, di ricca vegetazione. L' eruzione non dura, per lo più, al di là di pochi giorni; ma qualche volta fu veduta protrarsi per parecchi mesi. Ciò avvenne, per esempio, della penultima crisi del gigante, nel 1865. La montagna che formasi attorno a quelli orifizi assume talfiata enormi proporzioni: ve ne hanno la cui circonferenza misura dodici chilometri.

Ho già parlato di sopra dei torrenti d'acqua bollente prodotti dalla fusione delle nevi. Gli Etnei li temono più forse che i torrenti di lava. Il vapore che ne esala, come quello delle terribili eruzioni dei vulcani islandesi, scotta e consuma le carni delle persone cui avviluppa, senza danneggiarne punto le vestimenta. Un fenomeno di questa fatta accadde nel 1775. Dopo aver mandato tremendi boati ed essersi scossa più volte dalle fondamenta, svolgendo nuvoloni di negro fumo, che coperse di dense tenebre tutto il circonstante paese, la montagna saettò vivide fiamme; poco dopo un vasto ed impetuoso torrente d'acqua bollente sgorgò da una caverna aperta poco al di sotto del grande cratere; traversando le nevi, le sciolse, e, così repentinamente ingrossato, colmò i precipizi; distruggendo nel suo furore quanto incontrò sul proprio cammino. Queste inondazioni, cagionate dal fuoco, sono, come dissi, assai frequenti in Islanda: l'eruzione dell'Oraefe nel 1727 fuse una intera montagna di ghiaccio, la Flaga, ed allagò una immensa contrada. In proporzioni forse ancora più terribili, il fenomeno si verificò talora sui vulcani delle Cordigliere in America, e sovratutto sul gigantesco Cotopaxi.

Strane vicende ebbero più volte a subire i paesi che circondano l'Etna. Bello e rinomato fra tutti era, per esempio, il distretto di Ibla, decantato per la fertilità del suo suolo, e sopratutto per l'eccellenza del suo miele, che avea fatto dare a que' varchi il dolce nome di *Mel Passi.* Sopra-

venne una eruzione, che coperse di dure lave quella contrada, fatta ad un tratto sterile così che gli abitanti de' vicini luoghi cambiarono l'appellazione in quella di *Mal Passi.* Ma una seconda convulsione, alcun tempo dopo, rivestì le lave di un profondo strato di ceneri, che non tardarono a ridonare al paese l'antica ubertà, talchè il popolo lo ribattezzò questa fiata col titolo di *Bel Passi.* Ma per breve ora; chè la grande eruzione del 1669 seppellì la regione sotto un oceano di fuoco, e i Siciliani le restituirono il nome di *Mal Passi.* — E intanto l'uomo continua a vivere la consueta sua vita, sul limitare di quelle fauci dell'inferno. Ma non continuarono forse a farsi matrimoni ed a nascere fanciulli in Francia, nel 1793? Gran dono invero fece alla nostra stirpe la benigna Natura, dandole l'imprevidenza!

La mole di materie che escono dal vulcano, in ognuna delle sue grandi eruzioni, eccede tutto ciò che può figurarsi l'immaginazione volgare. La celebre corrente dei Monti Rossi, la quale minacciò di distruggere Catania nel 1669, versò una massa di pietra valutata *mille milioni di metri cubici.* Questa cifra, per quanto enorme, cesserà di apparire incredibile quando diremo che una sola eruzione del tremendo Kilauea, nell'isola di Hawaï nell'anno 1840, vomitò un torrente di liquide rocce di 60 chilometri di lunghezza e di 25 chilometri di larghezza, che cambiò completamente la configurazione del lido, ed uccise tutti i pesci del mare in quei paraggi. La massa totale di quelle lave fu

dal signor Dana estimata a 5 *miliardi e mezzo di metri cubici*, massa cinquanta volte più ragguardevole di quella che avrà fatto spostare la compiuta escavazione del bosforo di Suez. Se si moltiplicasse adunque per 50 la cifra di 40,000 *fellahs*, che il signor di Lesseps impiegò per vari anni da Porto-Said a Ismailia, quella delle cinquanta gigantesche draghe a vapore che adopera in oggi la Compagnia Universale, e quella degli anni già trascorsi e che trascorreranno prima che il gran canale sia condotto a termine, non si ragguaglierebbe ancora il *lavoro meccanico* che il Kilauea ha sviluppato in una sola sua convulsione. Più grande ancora è il volume di materie che uscirono dal Mauna-Loa nel 1855, con un fiume di lave, che si prolungò fino a 112 chilometri di distanza dal cratere. Nel 1783 il vulcano islandese Skaptaa-Iokul si spaccò letteralmente in due, dando passaggio a due torrenti di fuse rocce, l'uno dei quali riempì una valle di 80 chilometri di lunghezza e di 24 di larghezza; — fu calcolato che la lava evacuata dallo Skaptaa in quella spaventevole conflagrazione pareggiò il volume intero del Monte Bianco, quantità sufficiente per coprire tutta la superficie terrestre di una pellicola di lava di circa un millimetro di spessore.

II.

IL VESUVIO.

« Fra tutti i vulcani che ardono sulla faccia del nostro pianeta, diremo con un elegante scrittore [1], nessuno è meglio conosciuto, nessuno più popolare del Vesuvio. Terribile nella sua collera, fecondo e magnifico nel suo riposo, esso è ad ora ad ora il benefattore ed il flagello delle popolazioni che vivono all'ombra della sua possanza. La terra su cui si aderge dà parecchie raccolte in un anno; sotto la verdura de' suoi alberi crescono le messi, le quali, senza quel protettore riparo, sarebbero da un sole troppo ardente divorate; attorno a' suoi fianchi s'intrecciano in ghirlande i vigneti, ch'esso nutrisce col fuoco delle sue viscere. Non v'ha regione della ricca Italia, in cui sia dato cogliere

(1) Arnold Boscowitz, *Les Volcans*, pag. 227. — Sull'argomento trattato in questo e nel successivo § possono consultarsi: Daubeny, *Description des volcans.* — Lyell, *Principles of Geology*, Vol. I. — Id. *Phil. Trans. for 1858.* — Forbes, *On Bay of Naples*, *Edinb. Journ. of Scienc.* N.° 3. New Series. — Id., *Account of Mount Vesuvius*, *Edimb. Journ.* N.° XVIII. — Hamilton, *Campi Flegrei.* — Porzio, *Op. omnia.* - *Memorie della R. Accademia delle Scienze di Napoli.* — Breislak, *Campanie.* — Scrope, *Volcans.* — Id., *Account of the eruption of october 1822.* — Monticelli e Corelli, *Storia dei fenomeni del Vesuvio.* — Abich, *Vues Illust. des Phénomènes géologiques pour le Vesuve et l'Étna.*

frutta più squisite, nè più copiose vendemmie, che a' piedi del Vesuvio ».

Il cono del Vesuvio propriamente detto occupa il centro geometrico dell' area circolare coperta dalla gran mole montana, la cui base, verso il mare è indicata da una lieve piega del terreno, in forma di terrazza, chiamata la *Pedamantina.*

La prima eruzione storicamente registrata del grande vulcano Partenopeo, è quella dell'anno 79 dell' èra cristiana, eruzione di cui furono vittime le città di Ercolano, Stabia e Pompei. Si formò allora il grande cratere, il cui segmento, detto l'*Atrio del Cavallo,* separa tuttora il cono del Vesuvio propriamente denominato dalle rupi di Somma. (Fig. 23).

Il 24 d'agosto di quell' anno memorabile, regnante in Roma l' imperatore Tito, uno splendido sole versava a torrenti i suoi raggi sopra una delle più belle e giulive città sorgenti sul golfo di Napoli. Gli abitanti seguivano il loro abituale ordine di vita, comprando e vendendo, gli uni in festa, gli altri in lutto, questi armando galere per lontane spedizioni, quelli preparandosi ad assistere ad un combattimento di gladiatori, spettacolo tanto più gradito, in quantochè da Nerone in poi la loro città n' era stata priva. Molti doviziosi patrizi romani stanchi delle cure e dei piaceri della grande metropoli, erano venuti a cercare riposo e salute su quelle amene colline, tutte coperte di folti vigneti e di vaghi boschetti ammantate, tutte cosparse di palagi, gli uni agli altri vicini così da sembrar quasi
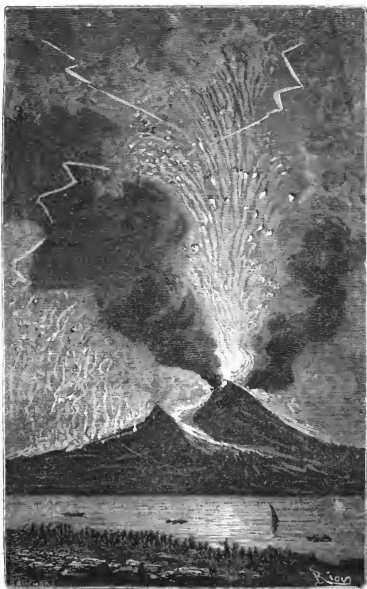
Fig. 23. — Eruzione del Vesuvio.

una immensa città. Ad accrescere l' affaccendarsi della popolazione, era scoppiata appunto allora una di quelle che oggi chiamiamo crisi municipali. Doveano eleggersi i nuovi edili e duumviri, e i diversi partiti si adopravano ad assicurare il trionfo dei loro candidati, affiggendo tessere e manifesti sulle muraglie, sulle colonne, nei portici, incidendo con elogi o con invettive i nomi sulla pietra o scrivendoli a grafite.

Il Vesuvio, stato forse in attività in una remotissima epoca, era da lunga età perfettamente tranquillo e convertito in una montagna amenissima, tutta coperta di rigogliosa vegetazione e di ridenti giardini. È bensì vero che, sedici anni prima, un violento terremoto, attestando che gli interni fuochi non erano spenti, avea scosso dalle fondamenta i templi, il foro ed altri pubblici edifizi, atterrato archi, statue e molte private abitazioni. Nel primo istante di sgomento, i cittadini erano, in quel frangente, fuggiti alla campagna; ma, rassicurati poscia dal ritorno della consueta calma, avean ripreso possesso delle loro case, e nell' epoca di cui parliamo, stavano appunto riparando i danni cagionati da quel disastro ed erigendo novelli sontuosi monumenti. La terribil montagna, da cui la città era dominata, stava silenziosa e di null' altro le sue pendici parlavano, fuorchè della meravigliosa fertilità del suolo e della quasi tropicale ricchezza della sua vegetazione.

Ma un dì fatale era venuto. — Di repente, e senza che alcun indizio precedesse l' imminente ca-

tastrofe, una vasta colonna di nero fumo uscì dalla vetta del monte, e sollevandosi a prodigiosa altezza nel puro cielo d'Italia, gradatamente si distese come una immensa vôlta funerea, nascondendo il sole e diffondendo le tenebre sopra una grande superficie di paese. L'oscurità mutossi ben tosto in notte profonda, solo interrotta ad ora ad ora dai sinistri bagliori delle fiamme solforee, che serpeggiavano guizzando nella nera nube. Cominciò poco dopo a cadere una fitta e densa pioggia di minute e sottilissime ceneri, alle quali succedettero immediatamente innumerevoli calde pietruzze, da quando a quando mescolate con masse più voluminose, esalanti mefitici vapori. Indi a poco un formidabile suono si diffuse, come di torrente che gonfio si precipitasse: era un fiume di denso e nero fango, che lentamente ma irresistibilmente scendeva lungo i fianchi del monte, seco trascinando piante, animali e case; e quasi insidioso penetrando nelle vie della città, occupò in breve ora tutti i più segreti recessi, ove le ceneri ed i lapilli ancora non si erano insinuati.

Contro tutti questi nemici non v'era scampo per anima viva; e per gli abitanti che prima non eran fuggiti, più non restava speranza di salvezza. Coloro che aveano cercato un rifugio nei sotterranei e nelle cantine, vi furono murati e chiusi, come in una tomba; mentre quelli che disperati vagavano per le vie, erano tosto dalle ceneri soffocati, asfissiati dai vapori solforei, o feriti a morte dalle pietre e dalle pomici cadenti, o ravvolti e sommersi dal

Fig. 24. — Distruzione di Pompei.

torrente di melma ([1]). Fra le vittime la più illustre fu Plinio il vecchio.

Nello spazio di tre giorni la sventurata città scomparve sotto le materie vomitate dal vulcano, che da quell'epoca in poi continuò per diciotto secoli ad aggiungere di tratto in tratto nuovi strati a quella massa, sulla quale intanto le immemori ed improvvide generazioni venivano piantando nuove case e nuovi vigneti.

Questa tragica istoria, ogni incidente della quale può leggersi nelle disotterrate rovine di Pompei, fu negletta dai contemporanei scrittori: e non potè essere raccolta, in una con le più preziose notizie sulla domestica vita e sulle usanze di quell'epoca remota, se non dopo che la dotta curiosità de' moderni sollevò un lembo di quel lenzuolo di pietra, che per diciotto secoli involse la morta città. Non è per fermo nostro còmpito il descrivere qui partitamente quelle rovine, nè gli scavi fatti per iscoprirle: coloro che bramassero addentrarsi in questa interessante ricerca, ricorreranno con profitto e diletto grandissimi alle celebri opere di Mazois e di Gell, o ai più recenti lavori di Overbek, di Niccolini e sovratutto di Giuseppe Fiorelli. (Fig. 24).

Dopo quello spaventevole parosisma, un lungo intervallo di tranquillità sembra essere succeduto, fino all'anno 203, regnante l'imperatore Severo,

([1]) La piu bella e la più commovente descrizione di quella catastrofe è stata fatta, con tutti i più vivi colori della immaginazione ed al tempo stesso con tutto il corredo della più robusta erudizione, da un romanziere inglese, dal Sig. Lytton-Bulwer nel suo celebre racconto *The last days of Pompei.*

epoca di una seconda eruzione, descritta da Dione Cassio e da Galeno. La terza avvenne nell'anno 472 c, se dobbiamo prestar fede a Procopio, coperse tutta l'Europa di ceneri, spargendo il terrore fino a Costantinopoli. Altre eruzioni sono ricordate, degli anni 512, 685 e 993. Non consta che in alcuna di quelle antiche convulsioni uscisse vera lava dal Vesuvio; le vomitate sostanze non erano forse che lapilli, sabbie e frammenti di vetusta lava, come quando si formò il Monte Nuovo nel 1538. La prima autentica notizia di torrenti di lave è dell'anno 1036, in cui avvenne la settima eruzione storicamente registrata. Nel 1138 e nel 1139 l'attività si manifestò di bel nuovo, ma quindi il vulcano stette in riposo quasi due secoli, cioè fino al 1306. Nel 1500 nuova eruzione, poi calma di 130 anni. L'antico cratere di Somma conteneva allora annose foreste e vari piccoli laghi, ed il cono del Vesuvio propriamente detto non adergevasi che 350 piedi al di sopra della Pedamentina, la terrazza che gli serve di piedistallo e che mostra la linea di *troncazione* prodotta nella parte S. O. della montagna dalla catastrofe dell' anno 79.

Ma nel 1631 una violenta eruzione, evacuando i laghi del cratere, rovesciò sui villaggi alle falde del monte torrenti d'acqua non meno devastatori delle lave.

Altre eruzioni scoppiarono negli anni 1660, 1681, 1694, 1697, 1698, epoca dopo la quale si verificò raramente un periodo di tranquillità più lungo di quattro o cinque anni.

Più volte, e segnatamente nel 1737 e nel 1760, Torre del Greco fu invasa da enormi fiumane di lava; e la montagna cambiò frequentemente di forma e di dimensioni.

Dopo il 1813 si manifestò una attività quasi continua, benchè in generale di mediocre intensità. Violente però furono le esplosioni del 1822, del 1827, del 1831, del 1841, del 1865 e del 1868, durante le quali una moltitudine di nuovi coni si formarono, e una massa enorme di lave si sovrappose ai fianchi della montagna.

III.

VULCANI MINORI ED ALTRE REGIONI VULCANICHE DELL' ITALIA.

Oltre all' Etna ed al Vesuvio, le nostre regioni italiche contengono un gran numero di altri luoghi, nei quali l' energia vulcanica, sia con attuali conflagrazioni, sia con indubitabili segni lasciati in epoche geologiche relativamente recenti, si manifesta.

Isole Lipari. — Queste sette isole che, circondate da varie sparse rupi, stendonsi fra l' Italia e la Sicilia, possono considerarsi come formanti un sistema vulcanico, e forse anzi come altrettanti orifizi di un solo vulcano submarino.

Una di quelle isole, Stromboli, offre il rarissimo esempio di una bocca vulcanica in permanente stato di eruzione. Essa forma un cono regolare. (Fig. 25).

Fig. 25 — Stromboli.

Il più singolare fenomeno che presenta questo vulcano ([1]), si è che la colonna di lava nel suo tubo, siccome è agevole ad osservarsi nelle costanti esplosioni che vi si producono ad intervalli da cinque

([1]) V. Poulett-Scrope l. c. pag. 333. — Sarà sempre una gloria incontrastabile di Spallanzani lo avere, primo, fatto sullo Stromboli positive ed accurate osservazioni intorno alla teoria de' vulcani, le quali dai successori dell' immortale italiano hanno potuto venire confermate ed accresciute, contraddette non mai.

a quindici minuti, accompagnate da frammenti di scorie e lave, rimane invariabilmente alla medesima altezza di livello coll'orlo dell'orifizio al fondo del cratere, e, per conseguenza, a circa 600 metri al di sopra del livello del mare. Devesi da ciò inferire che esista un equilibrio quasi perfetto tra la forza di espansione della lava intumescente nell'interno del cratere, e le forze repressive, consistenti: 1.° nel peso di quella possente colonna di materie in fusione; 2.° nel peso della colonna di aria atmosferica. È chiaro quindi che una addizione o sottrazione, anche debole, fatta a quest'ultimo elemento, una minima differenza nella pressione, deve turbare quell' equilibrio. Riesce agevole perciò lo spiegarsi come gli abitanti di quell'isola, pescatori quasi tutti, dichiarino che il loro vulcano serve loro di barometro, ch' essi consultano nello intraprendere le loro spedizioni, essendone avvertiti, mediante una crescente attività, della diminuzione della pressione atmosferica, e mediante la sua non turbata energia, dello stato equabile del tempo.

Vulcano è un isola nel cui principale cratere si svolgono abbondanti emanazioni di acido solforoso, le quali, per la decomposizione della roccia circostante, dànno luogo a depositi di acido boracico e di sale ammoniaco.

Felicuda, Alicuda, Ustica sono anch' esse isole eminentemente vulcaniche.

Nelle vicinanze di Napoli, a N. O., stendesi la regione dei *Campi Flegrei,* dove sopra una estensione di 20 chilometri in lunghezza e di 15 in

larghezza osservasi una serie di colline di tufo e di detriti di pomice, le quali nella loro forma spesso regolarmente circolare lasciano chiari vedere gli indizi di una trentina di coni e di crateri estinti. (Fig. 26).
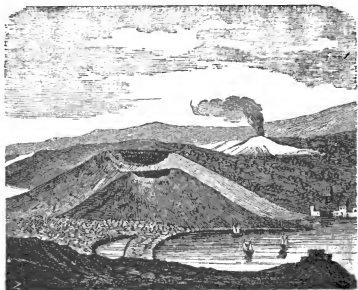
Fig. 26. — Campi Flegrei.

Napoli stessa è costrutta nel centro di uno di questi crateri. Ho già parlato nel capitolo precedente della solfatara napoletana, alla quale si riannettono i crateri di Astroni, di Monte Barbaro (*Gaurus Inanis* di Giovenale) e del Monte Nuovo.

Quest' ultimo cono si formò tutt' intero in due giorni, nel settembre 1538, in seguito a molte esplosioni aeriformi, provenienti dalla valle che stendesi a' piedi del Barbaro e separa l' Averno

dal lido. Tutti i racconti contemporanei di quel singolare avvenimento sono concordi nel riferire come quel luogo fosse per lo innanzi basso e uniforme, che da esso scoppiarono violente esplosioni di ceneri e pietre in abbondanza tale, che formarono l'attuale montagna nel corso di 48 ore. (F. 27).
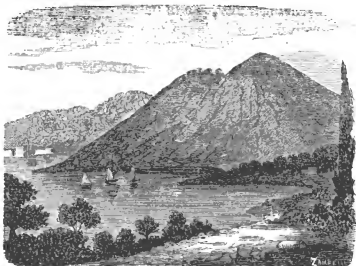
Fig. 27. — Monte Nuovo.

E siccome uno dei testimoni, Francesco Del Nero, pinge la terra siccome *gonfiatasi* al punto da formare una collina, i fautori della teoria dei sollevamenti s' impadronirono di quel passo, siccome essenzialmente favorevole alla loro dottrina, benchè lo stesso scrittore aggiunga, poco stante, che la montagna vomitò per lungo tempo terra e pietre, le quali ricaddero tutt' intorno, formando una collina

di vaste dimensioni. D' onde si vede che non già un subito sollevamento, ma bensì una vera eruzione di materie frammentarie è la vera causa che formò quel cono (¹).

Un'altra formazione vulcanica, che per singolarità non la cede punto a quella del Monte Nuovo, e che non trova riscontro che in alcuni fenomeni avvenuti a Santorino nel Messico e in un punto dell'Atlantico, dei quali faremo in luogo opportuno menzione, è quella dell' *Isola Giulia.* Il giorno 8 luglio 1831, in un luogo pur dianzi occupato dall' aperto mare, una nuova isola fu segnalata dal capitano napoletano Giovanni Carrao, interposta alla costa di Sciacca in Sicilia, ed alle isole di Pantelleria e di Malta. Essa appariva in mezzo alle esplosioni di un parosisma vulcanico. Il principe Pignatelli, che la osservò il 10 e l' 11 di luglio, disse che l'alta colonna di fumo e fuoco che sorgeva nel centro di quell' isola, mandava la notte vividissima luce, paragonabile a quella di un gran numero di razzi. Il naturalista francese Constant Prevost, fu mandato dal suo governo sulla regia nave *La Flêche* a prendere conoscenza di quello straordinario fenomeno. Dalle misure allora eseguite risultò che l' isola aveva 700 metri di circonferenza, e 70 metri di altezza. La diplomazia europea già era in faccende per risolvere la quistione della Potenza a cui

(¹) V. Poulett-Scrope, op. cit., pag. 323 e seg. e Lyell, *Principles of Geology*, vol. I, pag. 611. — *Neues Jahr-Buch für 1846*, e *Quarterly Journal of the Geolog. Soc. for 1847*, Vol. III. pag. 20.

il territorio emerso appartener si dovesse, quando l'isola cominciò, quasi per ironia, a rientrare nel dominio del mare, da cui era pur dianzi uscita; già sul finire dell'anno 1831 più non restava al suo posto che un banco coperto di tre metri d'acqua, e le materie vulcaniche furono asportate dalle onde, lasciando solo sussistere il fondo roccioso del mare dalle sotterranee forze sollevato.

Non meno notevole delle precedenti fatture vulcaniche è l'isola d'Ischia, il cui punto culminante, il Monte Epomeo, si aderge a 800 metri sul livello del mare. La storia della regione prova che gli antichi abitanti furono più volte distrutti o scacciati da terremoti o da eruzioni, le quali produssero una dozzina di coni di data relativamente moderna. L'uno di essi, il Monte Rotaro sorse nel 1302; e molte sorgenti calde solforee esistono nell'isola, testimoni che l'attività vulcanica dura tuttavia. Durante una parte dell'anno 1301, si succedettero con rapida vicenda parecchi terremoti, i quali furono susseguiti da una formidabile esplosione di lava in un punto detto il *Campo dell'Arso*, non lunge dalla città d'Ischia. Fino a quella eruzione, l'isola avea goduto un intervallo di pace di circa 17 secoli. Le antiche rocce trachitiche d'Ischia riposano sovra strati di argilla e di marna contenenti parecchie specie di conchiglie esistenti oggi ancora nel Mediterraneo, appartenenti all'epoca post-pliocenica. D'onde emerge che la montagna ha dovuto subire, dopo il deposito di quegli strati, un grande sollevamento in massa. Del rimanente, tutta la

costiera di quella parte dell' Italia ha considerevolmente acquistato in elevazione nelle ultime età geologiche. (Fig. 28).
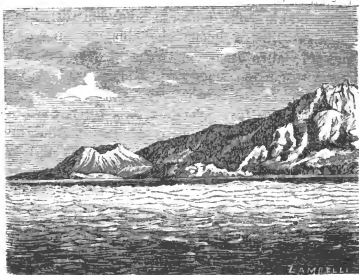
Fig. 28. — Ischia.

A ponente d' Ischia sorgono dal fondo del Mediterraneo parecchie altre piccole isole vulcaniche, fra le quali *Ventotene* e *Santo Stefano* sono evidentemente gli avanzi di una più grande isola, la cui massima parte fu distrutta dalla azione corrossiva del mare, che lasciò soli sussistere quei ruderi, di più tenaci rocce formati.

Lo stesso decadimento hanno subito le isole *Ponza*, di 30 chilometri circa più occidentali. L' isola principale e le sue vicine, *Palmarola* e *Zannone*, formate

di antiche lave, fecero certamente parte di un unico vulcano submarino.

Nella storia del nostro pianeta fu un' epoca in cui il mare che oggi chiamiamo Mediterraneo era cosparso di coni ardenti, simili a quelli che incontra il navigante nelle immense solitudini del grande Oceano. Oltre a quelle che abbiamo fin qui enumerato, altre isole vulcaniche in grandissimo numero sorgevano lungo quella linea, sulla quale si adergono ora le creste dell' Appennino. Tale era il *Monte Vulture,* che torreggia sul fianco orientale di questa catena, a metà via tra i due mari, ed a levante di Napoli, solitario cono, alto 1250 metri, con una base di 32 chilometri di circonferenza. Sul suo fianco settentrionale si espande un vasto cratere circolare, il cui fondo è occupato da due piccoli laghi, dai quali emana gaz acido carbonico.

Da Napoli viaggiando verso Roma, incontrasi un altro di cotesti spenti vulcani, testimoni di un' epoca che fu, e probabilmente meno antico del precedente. È il cratere di *Rocca-Monfina,* la cui circonferenza misura 12 chilometri, e nel cui centro sorge il cono del Monte della Croce, alto 960 metri sul livello del mare.

Succede più a settentrione un gruppo di colline contenenti ciascuna un piccolo lago, che fu già un cratere, il più grande dei quali, quello di *Ariccia*, gira 12 $^{1}/_{2}$ chilometri e quello di *Albano* 10. Simili a questi sono i laghi di *Nemi*, di *Juturna*, di *Gabie,* e di *Cornufella.*

I famosi *sette colli* di Roma sono vulcanici anch'essi, e lungo tempo prima che vi si annidassero i ladroni di Romolo, vi avevano spiegato la loro indomita energia le grandi forze plutoniche.

Il vasto lago circolare di *Bracciano*, di un perimetro di 36 chilometri, è circondato di sabbie vulcaniche e di lapilli, di pomice, di frammenti di leucite e di ferro titanifero e fu anch'esso un antico cratere.

La stessa cosa dee dirsi dei *Monti Cimini*, del lago ovale di *Bolsena*, del Monte *Amiata* e di altre numerose formazioni dell'Italia Centrale.

Nè men ricca di vulcani fu già la settentrionale. Ivi i famosi *Colli Euganei* presso Padova, così visibilmente collegati fra loro come sono separati dalla massa alpina, furono il prodotto di eruzioni submarine dell'epoca terziaria. Indubbiamente vulcaniche, del periodo pliocenico, sono le colline del *Vicentino.* I terreni calcari della Spezia, di Carrara e della Bocchetta in Liguria, come quelli delle rive dei laghi lombardi, furono più di una volta invasi da potenti vene di steatite, di serpentina e di porfido, nell'epoca in cui in sulle terre italiche le forze plutoniche regnavano con più veemente energia.

CAPITOLO III.

Gli altri Vulcani dell' Europa e i Vulcani dell' Islanda.

L'attività vulcanica, dopo essere stata, in epoche geologiche anteriori alla nostra, diffusa in una grandissima parte dell' Europa, trovasi limitata in oggi in due zone estreme, l'una a mezzodì, nel bacino del Mediterraneo, e l'altra a settentrione-ponente, nel gruppo vulcanico di Giovanni Mayen e nel possente centro dell' Islanda, se pur tant' è che quest' ultima possa razionalmente considerarsi siccome compresa fra le terre europee.

Tra le regioni appartenenti alla prima di queste zone, dopo i vulcani dell' Italia, meritano una speciale menzione quelli dell' Egeo Meridionale.

1. *Arcipelago Greco.* — Ivi sorgono, scaglionate in catena, le isole vulcaniche di *Patmo, Coo, Nisiro, Santorino, Policandro, Milo, Argentiera,* ed altre minori, e, presso la costa del Peloponneso, *Paro,* il promontorio di *Metone* e l'isola di *Egina.*

Egli è specialmente nei paraggi di Santorino che sembrano concentrarsi i fuochi soggiacenti all'Arcipelago. Quel gruppo circolare, formato da tre isolette pricipali, *Tera, Terasia* ed *Aspronisi* e da altre più piccole, è senza dubbio la rovina di un grande cono di 50 chilometri di periferia alla base, che sorgeva dal mare. L'azione demolitrice dei flutti, dei terremoti e degli scoscendimenti, ha logorato e distrutto le pareti di quel cono. Allorchè gli Elleni posero stanza nelle isole dell'Egeo, l'antico monte era diviso in tre frammenti: l'uno, in forma di mezza-luna, è l'isola di Tera o Santorino; a ponente, la piccola Terasia s'incurva, continuando l'anello delle terre; indi, a S. O., lo scoglio di Aspro solitario si rizza, testimonio degli antichi ed oggi scomparsi baluardi delle lave. Le esterne pendici di Santorino e di Terasia, coperte in parte di candide pomici, che da lontano hanno apparenza di nevi, sono mitemente inclinate verso il mare; ma le pareti interne dell'antico cratere sono in più luoghi quasi perpendicolari, con una altezza da due a quattrocento metri, mostrando in altrettante striscie rosse, verdi, gialle, azzurre, nere e bianche, che gli strati delle diverse formazioni da ambi i lati dell'abisso si corrispondono, sui fianchi di Terasia e di Santorino [1].

Nel centro di quel cratere, dopo una serie di sollevamenti e di eruzioni, verso l'anno 196 dell'E. C. comparve una nuova isola di lave, che

[1] V. un bell' art. di Fouqué, *L'Eruption de Santorin et les îles volcaniques*, nella *Revue des Deux Mondes*, 15 Agosto 1866.

fu chiamata *Hiera* o *La Santa*, e sul cui vertice fu eretto un tempio a Netunno. Quella terra, cui nuove eruzioni degli anni 713, 726, 1427 ampliarono, ha oggi il nome di *Paleo-Kaimeni* (antica bruciata). Nel 1570, un'altra rupe minore, *Mikro-Kaimeni* (la piccola bruciata), si formò. Una terza massa di lave, *Neo-Kaimeni* (la nuova bruciata) sorse dal 1707 al 1711, ed ha 6 chilometri di perimetro. Quest' ultima fu teatro di una violenta eruzione nel 1768, epoca dopo la quale nessun visibile cambiamento si operò più, fino ai dì nostri, alla superficie delle acque, sebbene ripetuti scandagli avessero dimostrato che il fondo del mare erasi gradatamente sollevato.

Ma in sullo scorcio del gennaio 1866 profondi e sotterranei boati, scosse violente del suolo, colorazione delle acque, abbassamenti delle terre annunziarono imminente una eruzione. Il 3 febbraio videsi, infatti, una massa nera e lucida di lave sorgere lentamente dal profondo delle acque, e di giorno in giorno estollersi con perfetta regolarità. In poche settimane, quella terra, cui diedesi il nome d' isola *Georgio*, acquistò ben 50 metri di altezza e finì per congiungersi a Neo-Kaimeni. Il 7 di febbraio, un altro monticello, *Afroessa*, compariva a breve distanza verso mezzodì, e colmando il canale che lo separava da Neo-Kaimeni, si trasformò in un promontorio di quest' isola. Altri più piccoli scogli si venivano mostrando intorno ai due coni principali; nell' atto che il mare, conturbato dai gaz che ribollivano, presentava i più svariati colori ed una

alta temperatura, galleggiandovi tutt'intorno i cadaveri dei pesci. Dalla vetta di Neo-Kaimeni erano intanto scagliate masse di varia grossezza, e le ceneri coprivano in abbondanza i circostanti vigneti. A poco a poco l'attività vulcanica andò diminuendo, e tutto rientrò finalmente nella calma consueta.

2. *Spagna e Portogallo.* — Ad occidente dei vulcani italici, il Mediterraneo, se non contiene attualmente alcuna montagna ignivoma, presenta però le irrefragabili tracce della possente energia che le interne forze vi hanno in altre età geologiche dispiegato. Su tutta la costa di Spagna, e segnatamente sui lidi di Valenza, di Murcia e di Andalusia sovrabbondano le formazioni trachitiche e basaltiche, coi vari loro conglomerati. Lo stesso dicasi delle isole Baleari, formanti evidentemente la continuazione di un'alta catena vulcanica, che collegava la Sardegna all'estremità orientale della Sierra Morena nella Penisola Iberica.

3. *Francia.* — Innumerevoli sono i segni di una antica attività vulcanica in questa regione, in cui possono, a tale riguardo, distinguersi due grandi zone. La prima costeggia il lido meridionale, anello di congiunzione fra le catene italiche e le spagnuole. Non meno di 7 orifizi di eruzione sorgono nel dipartimento del Varo, sul fianco occidentale delle Alpi Marittime. Vaste correnti di lave balsatiche osservansi a Beaulieu presso Aix, a Rougier, a Ollioules, a La Motte ed in altre parti di quella contrada.

Ma immensamente più importante è la seconda regione vulcanica, che occupa la Francia Centrale,

e sovratutto l' Alvernia. Il *Mont Dore*, il *Puy du Cantal*, quelli di *Aubrac*, di *Mezen*, sono altrettanti possenti coni vulcanici, collegati fra loro da pianori balsatici e fonolitici, e circondati da centinaia di crateri minori, molti dei quali (come il *Puy Noir*, il *Solas*, la *Vache*), presentano manifeste le traccie delle fratture e delle lacerazioni laterali, operate dai torrenti di lave, che andarono a colmare le sottostanti vallee.

4. *Germania*. — Anche l' Europa centrale abbonda di rocce vulcaniche, principalmente dell' epoca terziaria. Tale è, per esempio, la solitaria collina del *Kaisersthul*, nella valle del Reno, presso Freyborgo. Tale l' *Odenwald*, non lungi da Eidelberga. Tali infinite altre, che da levante a ponente traversano tutta la Germania, correndo parallele all' asse principale delle Alpi, a circa 4 gradi più a settentrione della grande catena. Un' altra serie di rocce vulcaniche occupa tutto il fianco meridionale della catena granitica, che separa l' Ungheria dalla Gallizia.

I VULCANI DELL' ISLANDA [1].

La Natura, il più grande degli artisti, ama le opposizioni ed i contrasti. In un' isola coperta da

[1] V. sui vulcani islandesi — Vallich, *North-Atlantic seabeds*. — Carl Vogt, *Nordfahrt*. — *British Quarterly-Review*, April 1861. — Henderson, *Journal of a Residence in Seeland*. — Mackenzie, *Seeland*. — Lord Dufferin, *Letters*. — Edm. Choyeschy, *Voyage de la Reine Hortense*.

immensi ghiacciai, ella ha posto un gran numero dei più violenti e formidabili vulcani che esistano sul nostro globo.

Per la frequenza delle sue eruzioni, il più notevole è l'*Ecla*, che sorge nella parte meridionale dell'Islanda. Una delle più celebri convulsioni di quel gigante durò dal 1294 al 1300, mandando una massa enorme di ceneri, di pomici e di lave. Queste sgorgarono a torrenti da un immenso crepaccio, che spaccò dalla vetta alla base la montagna.

Non meno terribile fu il parosisma del 1693, durante il quale le ceneri furono scagliate fino in Norvegia e nelle Feroé.

Ma la più orrenda conflagrazione dell'Ecla avvenne nel 1766, quando la pioggia di polveri e di lapilli si propagò sopra uno spazio di ben 240 chilometri di raggio. Un torrente di lava si precipitò dal cratere, e sciogliendo le nevi ed i ghiacci, produsse una spaventosa inondazione. (Fig. 29).

Nel 1845 le esplosioni del vulcano ne smozzarono la punta, e la montagna perdette 500 piedi della sua altezza. Il fiume di lava, in quest'ultima eruzione, giunse alla distanza di 15 chilometri.

Nella impossibilità di dare, nei limiti che dobbiamo necessariamente tracciarci, una minuta e particolareggiata descrizione di tutti i vulcani islandesi, ci limiteremo ad accennare alcuni dei principali, che contendono all'Ecla il primato.

Il *Krabla*, che fino al principio dello scorso secolo non era conosciuto che come una semplice montagna di argilla, entrò in attività nel 1724.

Fig. 29. — L' Ecla.

Cominciò allora una violenta crisi, che non durò meno di sei anni, e una massa enorme di lave, di sabbie e di pietre fu lanciata dal vulcano.

Nel 1720 la montagna su cui poggia il ghiacciaio dell' *Oraefe* si aperse, e dal cratere formatovisi diluviò nelle sottoposte valli un torrente d' acqua, seguito da un altro di fuoco, che desolarono una vasta contrada.

Fenomeni identici segnalarono la grande eruzione del *Kotlugaia* nel 1756. Nel maggio del 1860 quest' ultima montagna si aperse ad una delle sue più violente eruzioni, producendo, al solito, con le fuse nevi, una grande inondazione. È facile il comprendere gli effetti devastatori di quei diluvi, i quali ci porgono uno dei più caratteristici esempi dei cataclismi che, nelle anteriori età geologiche, hanno tante fiate modificato le forme del nostro globo. Vaste masse di conglomerati erratici sono accumulati nelle pianure; i fianchi delle montagne vengono lacerati da profondi solchi e da ripidi burroni; le roccie più dure sono striate e levigate dalla frizione dei ghiacci e dei blocchi in movimento.

Ma la più grande eruzione di lave che l' Islanda abbia veduta, è quella dello *Skaptaar-Jokul* nel 1783. Il fiume dello stesso nome fu istantaneamente prosciugato, ed un torrente di fuso granito ne prese il posto. Benchè il letto del fiume avesse in più luoghi da 400 a 600 piedi di altezza ed una larghezza di 200 piedi, fu pur tuttavia così completamente colmato dalla lava, che l' incandescente massa si alzò fino alla cresta dei monti che

fiancheggiavano il compluvio. Giunta nella pianura di Meldalland, la fiumana di fuoco riempì in due giorni un immenso lago; ripigliando quindi il suo corso impetuoso, e dividendosi in più torrenti, si distese sopra vastissima superficie, e (cosa singolare) in più luoghi si scavò un sotterraneo cammino nel friabile suolo, staccando e slanciando nell' aria con terribile fragore enormi pezzi di roccia. Il letto del Kudafliot, uno dei principali fiumi dell' Islanda, fu totalmente riempito di lava, e le terre circostanti si trasformarono in un oceano di fuoco.

Tra i mille fenomeni che l' Islanda presenta allo studio dei Naturalisti, uno dei più notevoli è la valle di *Thingvellir*, formata dallo scoscendimento di un immenso deposito di lava, ch' era sgorgata dalla montagna di *Hrafuabiorg*. Quell' enorme franamento ha lasciato da ciascun lato della valle, la cui larghezza è di circa 4 miglia sopra 800 piedi di profondità, un precipizio perpendicolare che misura in altezza più di 200 piedi. La muraglia di una di quelle profonde fessure, veduta da lungi, apparisce come una immensa costruzione ciclopica.

È opinione dell' illustre signor Poulett-Scrope che l' Islanda intera sia stata formata dalle eruzioni di un solo immenso vulcano, il quale, nel succedersi delle età, si è diviso e ripartito nelle attuali ignivome bocche di quella singolare regione.

Una notevol parte dei terreni islandesi consta di strati di basalto, sostanza che in molti luoghi dell' isola ha formato colonnati e prismi di aspetto monumentale. Talvolta le lave hanno scavato vaste

caverne o proiettato archi immensi d'indescrivibile bellezza, di uno dei quali offriamo qui al lettore una immagine. (Fig. 30).
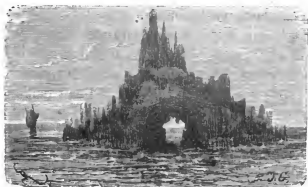
Fig. 30. — Arcata di lave.

L'isola di *Giovanni Mayen*, sorge a 71 grado di latitudine boreale, e può considerarsi come il prolungamento della catena vulcanica dell'Islanda. Essa contiene un vulcano alto 1500 piedi, scoperto e visitato da Scoresby nell'anno 1817, e da lui chiamato *Esk*, nome della nave del dotto ed intrepido viaggiatore.

Il *Beerenberg*, nella parte N. E. dell'isola, è probabilmente anch' esso un antico vulcano.

Le isole *Feroé*, le *Shetland* e gli altri gruppi boreali, nei quali gli antichi videro l' *Ultima Thule*, sono tutti di origine vulcanica, come provano manifestamente gli ammassi di scorie, di ceneri e di larghe correnti basaltiche, dai quali sono circondati.

La Scozia anch' essa presenta le tracce di un gran numero di vulcani. Presso alla sua costa occidentale sorge il gruppo delle Ebridi, che comprende l' isola basaltica di *Staffa*, celebre per lo stupendo colonnato che forma la mitica grotta di Fingal, con la quale gareggia quella dei Giganti in Irlanda. (Fig. 31).

Fig. 31. — Grotta di Fingal.

È noto inoltre che da un capo all' altro del suo territorio, la Gran Bretagna è coperta da formazioni plutoniche.

CAPITOLO IV.

I Vulcani dell'Atlantico Centrale e Meridionale e quelli dell'America.

ATLANTICO CENTRALE E MERIDIONALE.

Le Azorre. — Tutto questo gruppo è vulcanico. La più grande delle isole, *San Miguel*, è traversata in tutta la sua lunghezza, da levante a ponente, da una catena di coni di ceneri, alti da 300 a 600 metri, molti dei quali hanno vasti crateri, con piccoli laghi nel fondo. Ma durante l'epoca storica non si ha ricordo di alcuna eruzione. Che però l'attività vulcanica non vi sia spenta, lo provò, nel 1811, l'emersione di una piccola isola temporanea, che sollevossi non lungi dalla costa, e fu chiamata *Sabrina* dall'equipaggio della fregata inglese, testimonio della sua apparizione. Questa formazione, dopo avere raggiunto l'altezza culmi-

nante di 100 metri ed un circuito di 1600 metri, scomparve in poche settimane, sotto l'azione demolitrice del mare.

Parecchi vulcani, le cui ultime eruzioni avvennero negli anni 1718 e 1812, trovansi nelle isole *Pico* e *San Jorge* del medesimo arcipelago.

Madera è tutta intera di origine vulcanica sottomarina dell'epoca miocenica; e le vestigia di parecchi coni di eruzione sono visibili ancora sulla sua parte centrale, più o meno sotterrati da più moderne correnti di lava, disposte in uniformi pianori.

Le Canarie. — L'arcipelago intero è eminentemente vulcanico. Enormi crateri circondati da alte perpendicolari pareti sorgono nelle isole di *Palma* e della *Grande Canaria. Fuertaventura* e *Lancerote* sono letteralmente irte di coni, dai quali sgorgò già la lava a torrenti; e nell'ultima di esse avvennero negli anni che corsero dal 1730 al 1736 formidabili eruzioni, le quali vi apersero un grande crepaccio in tutta la sua lunghezza.

Ma fra tutte quelle isole la più notevole, e di gran lunga, è *Teneriffa,* grande montagna vulcanica che sorge dal mare con una inclinazione da 10 a 14 gradi, fino ad una altezza di circa 2,700 metri. (Fig. 32). A tal punto s'interrompe il pendio da una ghirlanda di rocce perpendicolari, che attorniano un vasto circo ovale, il *grande cratere,* il cui grande asse ha 12 chilometri e mezzo ed il piccolo 9 e mezzo. Egli è presso al centro di quella cavità, che si aderge il *Picco* propriamente detto, gigantesco cono
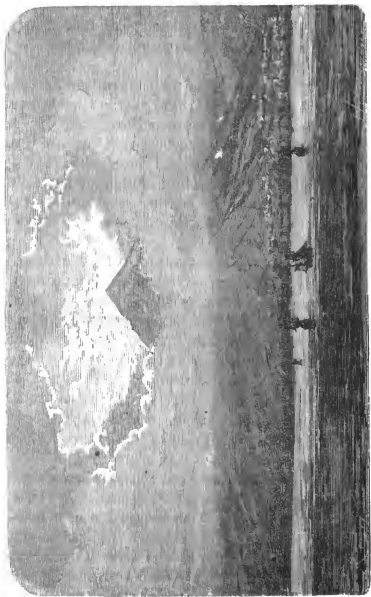
Fig. 32. — Picco di Teneriffa.

di 3,600 metri d'altezza dalla sua base, e di 4,500 al di sopra del mare. Ai due lati del colosso stanno due coni minori, la *Chahorra* e la *Montaña Blanca*, alti rispettivamente 3,000 e 2,700 metri sul livello del mare. Sulla vetta del picco, di nevi coperto la massima parte dell'anno, apresi il fumante cratere, nomato *La Caldera*, la cui ultima eruzione, nel 1704, distrusse la piccola città di Guarrachico, già devastata nel 1645 da una terribile inondazione.

Poche montagne al mondo presentano all'ammiratore delle naturali bellezze uno spettacolo più maraviglioso di quello che offre il Picco, dalla cui vetta, come da quella di una immensa piramide, lo sguardo scende tutt'intorno direttamente fino all'Oceano.

Le isole del Capo Verde. — Navigando a mezzodì, lungo quella costa occidentale d'Africa che non presenta alcun vulcano attivo, s'incontrano le isole del Capo Verde, che due italiani, Cadamosto ed Usodimare, scopersero nel secolo XV°. Sebbene tutto quel gruppo presenti gli indizi di numerose formazioni plutoniche, il solo vulcano attivo che in oggi possegga è il *Pico de Fuego*, alto 2,600 metri, le cui ultime eruzioni avvennero negli anni 1785 e 1799. Dal 1680 al 1713 quel cono era stato in perenne combustione, come in oggi è lo Stromboli.

L'*Ascensione* e *Sant' Elena* sono interamente vulcaniche e coperte di masse di lava, eruttate nelle antiche loro conflagrazioni. Notevolissima nella prima di queste isole è, intorno ad un vasto cra-

tere, l'abbondanza delle *bombe vulcaniche*, palle di lava, che devono la loro sfericità al movimento di rotazione impresso alle materie, liquide ancora, quando sono scagliate nell'aria.

Nella prima parte di quest'opera ho ricordato le numerose osservazioni, dalle quali risulta probabilissima la esistenza di una vasta zona vulcanica submarina nell'Atlantico, a poche miglia a N. dell'Equatore e presso al 20° grado di longitudine occidentale.

AMERICA.

Le Antille. — Il Nuovo-Mondo, così ricco di enormi vulcani nella sua parte occidentale e lungo la grande zona montana che lo percorre da un capo all'altro, non ne presenta quasi tracce, dallo stretto di Davis fino a quello di Magellano, nella sua parte orientale, se ne eccettuiamo il grande arcipelago delle Antille, ove formidabili terremoti, eruzioni violente, solfatare e fonti termali attestano la possente energia dei fuochi sotterranei.

Tra i vulcani attivi di questa regione, il *Morne-Garù*, nell'isola S. Vincenzo, dopo essere rimasto lungo tempo nello stato di solfatara, ebbe due grandi eruzioni, nel 1718 e nel 1812.

Ecco i cenni coi quali Humboldt riassume nel *Cosmos* i fatti relativi a quest'ultima convulsione. Le prime scosse cominciarono presso il cratere fin dal maggio del 1811, tre mesi dopo che l'isola

Sabrina, poco sopra mentovata, era emersa dal mare delle Azorre. Nel mese di dicembre dello stesso anno aveano principio le scosse del terremoto di Caracas, città che fu distrutta il 26 marzo 1812. Il 30 aprile di quell' anno sentissi nelle vaste praterie (*Llanos*) di Calabozo e sulle rive del Rio Apure, 48 miglia a monte della sua confluenza coll' Orenoco, un formidabile suono sotterraneo simile a numerose scariche di artiglieria. In quel giorno stesso il vulcano di San Vincenzo, che non avea più dato lave dopo il 1718, vomitava un torrente di fuse materie, che in quattro ore giungeva insino al mare.

Santa Lucia contiene una attiva solfatara; parecchie ne ha la *Dominica*, ed una vastissima la *Guadalupa*, isola dalla cui sommità furono nel 1797 vomitate enormi quantità di pomici, di ceneri e di vapori solforei.

Coni e crateri vulcanici s' incontrano nelle altre Antille, e specialmente nella *Martinica*, a *Monserrato*, *Nevis*, *San Cristoforo*, *Sant' Eustachio*.

I VULCANI DELLE ANDE.

Uno dei più illustri geologi moderni ([1]) ha classificato i vulcani in due grandi categorie, dando a quelli della prima il nome di *vulcani centrali*,

([1]) Leopoldo De Buch — *Description physique des Iles Canaries*, pag. 326-407.

ed a quelli della seconda riserbando l'appellazione di *catene vulcaniche*. I primi formano sempre il centro di un nodo di vulcani secondari assai numerosi e regolarmente disposti in tutte le direzioni. Tali sono l'Etna, il Picco di Teneriffa, l'Ecla. I vulcani, per lo contrario. che formano una catena vulcanica, sono atellati gli uni dopo gli altri, generalmente a piccole distanze, in una medesima direzione, quasi altrettanti spiragli di una sola sotterranea galleria. Quest' ultimo è il tipo a cui essenzialmente appartengono i vulcani dell' America Occidentale. In mezzo alle montagne della Cordigliera, schiere rettilinee di vulcani, alcuna delle quali comprende sino venti distinti crateri, stendonsi sopra lunghi spazi; taluni dei quali misurano circa 130 miglia geografiche (la distanza tra il Vesuvio e Praga); e queste catene vulcaniche sono il più delle volte parallele all'asse generale delle Ande, sebbene talvolta e segnatamente in un caso molto singolare nel Messico, di cui parleremo più sotto (pag. 293), si dirigano trasversalmente od obbliquamente all'asse medesimo.

In nessun' altra parte del globo la riazione delle interne forze contro la superficie si esercita in modo più violento, che lungo la grande catena delle Ande. I giganti di quella spina dorsale del Nuovo Mondo hanno una altezza doppia di quella dell'Etna; e per quella legge, che Humboldt [1]

[1] *Cosmos*, vol. I, pag. 185 della traduzione francese di Faye, ediz. di Milano 1854.

ha primo formolata, in virtù della quale l'attività dei vulcani è d'ordinario in ragione inversa della loro altitudine, rarissime avvengono in quelli eccelsi crateri le eruzioni di lave; il più delle volte non vomitano essi che fumo, ceneri e scorie. Talvolta però, ed allora sono orrendamente spaventose le conflagrazioni, ne erompono torrenti di fusa materia, come avvenne già sul Cotopaxi e sull'Antisana, alti l'uno 5,812 e l'altro 5,833 metri sulla superficie del mare. Calcolando la pressione necessaria per sostenere una colonna di lava di quell'altezza, si giunge a 1500 atmosfere, nell'atto che 300 atmosfere soltanto sono sufficienti a far salire la lava alla bocca dell'Etna. Per formarsi un concetto della grandezza di queste potenze meccaniche, basterà ricordarsi che una atmosfera equilibra una colonna di 10 metri d'acqua; talchè la colonna di questo liquido che farebbe equilibrio alla forza di espansione che solleva alle fauci dell'Antisana le lave, sarebbe alta 15,000 metri, quasi due volte più della somma vetta dell'Imalaia!

Egli è dalla più australe delle terre americane, che cominciano a mostrarsi possenti i segni di quelle formidabili potenze plutoniche. La *Deception Island*, una delle Shetland meridionali, non è che un vasto cratere anulare di 13 chilometri di diametro [1].

L'estremità meridionale dell'America, la Terra del Fuoco, è principalmente composta di ardesia

[1] Poulett-Scrope, *Les volcans*, traduzione di Pieraggi, pagina 444 — e *Journal of the Geolog. Society*, t. I, pag. 64.

argillosa dell' epoca cretacea, frastagliata però frequentemente da vene di basalto e di lave porfiriche, miste a conglomerati di scorie.

Le rive del Pacifico, procedendo a settentrione dallo stretto di Magellano lungo le coste Patagoniche e Chiliane, ci sono descritte da Carlo Darwin [1] siccome composte di una base di schisti metamorfici e di ardesie argillose, riposanti su rocce plutoniche, e coperte da una immensa formazione, di parecchie migliaia di piedi di spessore, di porfido e di conglomerati porfidrici, vomitati forse da una vasta sequela di vulcani submarini, lungo le Cordigliere, verso l' epoca oolitica.

In quanto ai vulcani attuali, vero e principale oggetto dei presenti nostri studi, è difficile il dire con sicurezza qual sia nell' emisfero australe, il punto più meridionale ove comincia a manifestarsi l' energia vulcanica. Il capitano Hall asserì di avere veduto un vulcano in attività a 53° 3′ di latitudine, a N. del Capo Horn. Ma si è dal 46° parallelo che le Ande cominciano ad essere indubbiamente coperte di picchi in attività, la cui serie si prolunga fino al 30° parallelo. Contansi in questo gruppo 24 vulcani, tredici dei quali furono veduti in attività. I più notevoli sono quelli di: *Yantales*, a 43° 29′, alto 2,400 metri; *Korcovado*, 2,200 metri; *Osorno*, a 41° 9′; *Michinmadom*, 2,400 metri; *Antuco*, a

[1] *Journal of researches, during the voyage of H. M. S. Beagle*, *passim*, e specialmente dal capitolo X in appresso. V. pure, sui vulcani delle Ande, Philippi nelle *Mittheilungen von Peterman*, VII. 1863 e Virlet nel *Bulletin de la Société Géologique* 1 maggio 1865.

37° 7′, 5,800 metri; *Peteroa*, a 35° 15′; *Tupungato*, di 7,000 metri; *Roncagua*, a 34° 15′, che dicesi in costante eruzione; *Maypu*, a 33° 53′, di 5,200 metri; *Aconcagua*, a 32° 39′, di 7,600 metri, la cui ultima eruzione avvenne, dicesi, nel 1861, allorchè un formidabile terremoto distruggeva, uccidendo 10,000 abitanti, la sottoposta città di Mendoza; *Ligui*, *Chuagui* e *Limara*, a 30° presso Coquimbo.

A settentrione di quest' ultimo punto fino al 21° 50′, sopra un intervallo di 860 chilometri, non esiste, al dire di Humboldt, alcun vulcano in attività; ma Philippi ne cita uno sotto il 22° 16′, non lungi da Copiapo; ed è ben probabile, osserva lo Scrope, che un più diligente esame ne farebbe scoprire altri parecchi, dormenti od estinti, in questa parte così lacerata delle Cordigliere.

Fra i vulcani che succedono ai summentovati, procedendo verso settentrione, citeremo il *Calama* e l' *Isluya*, a 19° 21′; il *Tucalagua*, il *Tutapaca*, il *Coquina*, il *Gualatieri* ed il *Sahama* a 18° 7′, l' ultimo dei quali presenta un tronco di cono regolarissimo ed alto 7,200 metri, 300 metri più eccelso di quel Chimborazo che per sì gran tempo fu reputato la culminante cima delle Ande. Il vulcano del *Miste*, presso Arequipa nel Perù, alto 5,600 metri, presenta vari piccoli crateri, spesso in moderata eruzione; un più grande cratere ha il vicino picco di *Chacani*. Quello di *Omato*, a 16° 50′, fece una violenta eruzione nell' anno 1677.

Dal 16° di latitudine meridionale succede un lungo tratto di 1,500 chilometri, sul quale la ca-

tena delle Ande non porge più indizio di attività vulcanica. Ma la ripiglia più violenta che mai nelle vicinanze di Quito, presso il 2° parallelo australe. Da questo punto fino a due gradi a N. dell' Equatore, si agglomerano venti circa altissimi vulcani. Il *Sangay*, di 4,800 metri è, dicesi, in istato permanente di eruzione, come lo Stromboli; e Sebastiano Wise, che ne visitò la cima, contò 267 esplosioni di ceneri e scorie in un' ora. I neri lapilli vomitati da quel vulcano, formarono sopra i suoi fianchi, a 18 chilometri tutt' intorno, strati di 120 metri di spessore.

Nella prima parte di quest' opera ho parlato dei frequenti terremoti che scuotono quella contrada, uno dei quali il 4 febbraio 1797 distrusse la città di Riobamba, ai piedi del *Tunguragua* a 1° 41′ latitudine Sud. Questo vulcano e quelli del *Carguairazo*, del *Chimborazo*, del *Cotopaxi*, dell'*Antisana*, del *Pichincha*, dell' *Imbaburo*, e nove altri, compresi tutti in un' area elittica il cui grand' asse misura appena 180 chilometri, possono considerarsi siccome altrettanti spiragli di una sola vulcanica fornace, e costituiscono certamente uno dei centri più energici, sui quali esercitino la loro azione i fuochi sotterranei del globo. Alcuni di essi vomitano torrenti di fango, come avvenne sul Carguairazo nel 1698 e sull' Imbaburo nel 1691. In quelle occasioni un singolare fenomeno fece conoscere agli abitanti di Quito un piccolo pesce, il *Pymelodes Ciclopum*, e ch' essi chiamano *Prenadilla*. Le caverne aperte sui fianchi di quelle montagne si riempiono d' acqua

risultante dalla fusione delle nevi. I pesci dei numerosi ruscelli vanno di preferenza a moltiplicarsi nelle tranquille ed amiche tenebre di quelle grotte; e quando le scosse che accompagnano una eruzione fanno vibrare l'intera massa del vulcano, le sotterranee vòlte si spalancano, espellendo le acque, i fanghi tufacci ed i pesciolini che contengono (1).

Nella notte dal 19 al 20 giugno 1698 la vetta del Carguairazo, di 6,000 metri di altezza, crollò di repente, salvo due enormi guglie, ultime vestigia dell'antico cratere; i circostanti terreni furono coperti e renduti sterili, sopra una estensione di circa sette leghe quadrate, dal tufo stemperato e dalla fanghiglia argillosa (*lodazales*), contenente pesci morti, che precipitò durante quella catastrofe, ingenerando con la putrefazione di quei cadaveri una pestilenza nella città d'Ibarra.

Il *Chimborazo* (6,400 metri) è una enorme cupola carica di neve; la più alta roccia visibile è trachite prismatica: non vi ha ricordo di alcuna eruzione di questo vulcano.

Il *Cotopaxi* (5,812 metri), al contrario, è in frequente conflagrazione, almeno dall'anno 1742 in poi, e le sue eruzioni sono spesso accompagnate da terribili inondazioni, prodotte dalla fusione dell'immenso manto di neve che copre il gigante, e che, al dire dell'Humboldt, è sovente tutto intero scomparso in una sola notte. Nonostante questi

(1) Poulett-Scrope, op. pag. 151. — Humboldt, *Cosmos*, vol. I, pag. 189. — Lo stesso, *Recueil d'observations de zoologie et d'anatomie comparée*, pag. 21-25.

formidabili fenomeni ignei ed acquosi, la forma conica del Cotopaxi è, come già osservammo, notevole per la sua perfetta regolarità.

Il *Sinchulagua* fu in eruzione nel 1660, e la sua altezza è di 4,600 m. L'*Antisana* (5,833 m.) vomitò lave nel 1718. Il *Pichincha* (5,200 m.) soggiacque a crisi frequenti dopo il 1539, ed era in piena attività nel 1831. La sua vetta consiste in due grandi crateri, a forma d'imbuto, l'uno dei quali contiene un cono centrale, d'onde esalano da più bocche vapore acqueo, idrogeno solforato ed altri gaz, accompagnati da enormi colonne di ceneri e di pomici.

Accenneremo ancora, in quella regione, il *Cumbal*, il *Chiles*, il *Pasto*, il *Sotara*, il *Purace*, dalle cui falde sgorga il fiume dell'*Aceto*, fortemente impregnato di acido solforico. Il *Tolima*, sotto 4° 35' lat. N., è il più alto picco delle Ande a N. dell'equatore. Esso ha 5,400 metri, a ponente di Santa-Fé-de-Bogota, e non emette oggidì che gaz e vapori, dopo le due violente eruzioni del 1595 e del 1826.

A questa zona vulcanica delle Cordigliere si riannette, benchè lontano circa 800 chilometri, l'arcipelago delle *Galapagos*, oggetto dei profondi studi di Carlo Darwin [1]. Non vi ha parte del mondo intero che in così angusto spazio (19° chilometri di diametro) contenga un sì gran numero di coni e di crateri, quanti, quasi tutti spenti in oggi, ne presentano quelle isole. L'illustre naturalista inglese ve ne contò ben due mila!

[1] Darwin, *Volcanic Islands.* — Lo stesso nel *Journal of researches* del *Beagle*, Cap. VXII, pag. 373 e seg.

Non meno vulcanica della meridionale, è l'America centrale. Da Baruca fino alla provincia di Guatemala, a 16° lat. N., una catena di più di trenta vulcani costeggia il Pacifico, fra i quali accenneremo l'*Irasu* presso la città di Cartago (3,570 metri); il *Reventado*, di 2,845 metri; il *Barba*, a N. di San-José, capitale della Costa-Rica; la *Vieja*, notevole, dicesi, per una periodica scarica di ceneri ogni primavera, sul cominciare della stagione delle pioggie; il *Mincon*, il *Miravaya* e l'*Orosi*, sulla sponda S. O. del lago di Nicaragua. Tra questo lago e quello di Managua sorge il famoso *Infierno de Masaya*, che presentò per più secoli il raro fenomeno osservato sullo Stromboli, dei fiotti di lava alternamente alzantisi ed abbassantisi sotto la pressione dei vapori. Nel 1670 questo vulcano vomitò un torrente di lava, che si stese a 33 chilometri di distanza, e che ora ha l'apparenza di un oceano d'inchiostro che si fosse repente congelato. Da quell'epoca si fermò l'attività del Masaya, che ha però ripreso vita nel 1853. Il *Nindiri*, il *Mandeira*, l'*Omotepec*, il *Lapatera*, il *Mombacho*, il *Momotombo*, i sei vulcani di *Morobios*, appartengono tutti a questa lacerata e convulsa regione.

Il *Coseguina* è sinistramente celebre per la terribile eruzione del gennaio 1835, durante la quale ebbe luogo uno di quei fenomeni di *esplosione di cima vulcanica*, dei quali ho fatto cenno nel primo capitolo di questa seconda parte del mio libro. Questo vulcano, sorge sulla baia di Fonseca, scoppiò proiettando nello spazio i suoi frammenti, i quali

formarono nel cielo una orribile vòlta di parecchie centinaia di chilometri, e copersero poi, ricadendo, le campagne sopra una circonferenza di più di 40 chilometri di raggio con uno strato di 5 metri di spessore. La superficie terrestre sulla quale si diffuse la polvere della stritolata montagna, fu calcolata di 4 milioni di chilometri quadrati; e la vomitata massa venne estimata a *cinquemila milioni* di metri cubici. Il fragore fu udito fin sui pianori di Bogota, a 1,650 chilometri di distanza rettilinea [1]. I vulcani di *Aconcagua* e di *Corcovado* nel Chilì (notabile coincidenza!) entrarono, dicesi, in eruzione lo stesso giorno, in cui quell' orrenda catastrofe desolava l' America Centrale.

Il vulcano d' *Izalco*, in una pianura a levante del porto di Sonconate, è degno di particolare menzione per la periodicità de' suoi fenomeni. Esso fa infatti, quattro eruzioni all' ora, e serve di faro ai naviganti, che di notte traversano quei paraggi.

Due vulcani della medesima catena, l' *Agua* e il *Fuego*, debbono i loro nomi, il primo alla subita fusione delle sue nevi, che inondarono una volta la città di Guatemala, ed il secondo alle violente conflagrazioni delle quali è spesso il teatro.

Dal *Soconusco* (a 16° lat. boreale) comincia un lungo tratto senza attivi vulcani, sino al sistema montano dell' altipiano del Messico. Tutti i picchi dei quali consta questo sistema sembrano allineati come se fossero emersi da una sola immensa frat-

[1] Landgrebe, *Naturgeschichte der Vulkane;* — Poulett-Scrope. op. cit., pag. 205 e 457. — Reclus, *La Terre*, pag. 669.

tura della superficie terrestre lunga 90 miglia, in una direzione perpendicolare a quella della grande catena di montagne che da Sud a Nord traversa il Messico. Questo *parallelo di vulcani*, come l'ha chiamato l'Humboldt, non oscilla che di pochi minuti attorno al parallelo geografico di 19 gradi. È stata fatta altresì l'osservazione che, prolungando tal linea di 110 miglia, a ponente delle coste del Pacifico, essa incontrerebbe le isole di *Revillagigedo*, nei paraggi delle quali i naviganti trovano spesso galleggianti grandi quantità di pomici, indizio di submarini vulcani; e che, procedendo più oltre ancora, la linea medesima toccherebbe il grande vulcano *Mauna-Roa*, nelle isole Sandwich, di cui parleremo nel capitolo seguente (1). Queste corrispondenze sono elle meramente casuali, ovveramente accennano esse ad una reale comunanza di origine dei mentovati vulcani, dovuti tutti ad una sola dislocazione della crosta del globo?....

Il più orientale dei vulcani messicani, il *Tuxtla*, forma un promontorio sull'Atlantico, a 80 chilometri S. E. di Vera-Cruz. Ebbe una parosismica eruzione nel 1793. A ponente di esso succede lo stupendo cono di *Orizaba* (5,370 metri), sulla cui vetta ascesero recentemente il francese sig. Doignon ed il tedesco barone Müller. Il *Cofre de Porote*, ha 4,060 metri di elevazione; succedono quindi il *Popocatepetl* (5,300 metri), in uno stato continuo di attività, vomitante ceneri e vapori, ma non

(1) Zurcher et Margollé, *Volcans et Tremblements de terre*, pag. 157.

lave, almeno nei moderni tempi (1); l'*Istaccihuetl;* e il *Nevado di Toluca* (4,500 metri).

Tutto l'altipiano, su cui questi giganti torreggiano, e la cui altitudine media sul livello del mare è da 1,800 a 2,000 metri, consiste di porfido trachitico e di feldspato vetroso, prodotto di antichissime eruzioni, avvenute forse nell'epoca geologica in cui tutta quella regione giaceva ancora sotto le onde del mare. I profondi burroni, o *barancos*, che intersecano l'immenso pianoro, lasciano allo scoperto i margini di profondi strati orizzontali di quelle rocce o dei loro conglomerati. Su molti punti s'incontrano inoltre larghi campi di lava scoriacea, di basalto o di perlite e di ossidiana, di più moderna apparenza, ai quali gli abitanti (singolare coincidenza con ciò che vedemmo essere avvenuto tra le popolazioni etnee) dànno il significativo nome di *Malpaesi*.

Più a ponente dei vulcani summentovati, ed appartenente anch'esso alla stessa catena, è il famoso vulcano del *Jorullo*, descritto per la prima volta da A. Humboldt. e da lui proclamato siccome l'e-

(1) Uno dei più perfetti modelli dello stile descrittivo è la pittura che del Popocatepetl ci fa l'insigne storico americano Prescott, nella sua classica *History of the Conquest of Mexico* (Chapt. VIII, Book III, pag. 287 dell'ediz. di Londra del 1860, 2 vol. in 12.°) nell'occasione ch'egli racconta il passaggio della Cordigliera operato da Cortez e da' suoi eroici compagni nell'anno 1519. Anche il cap. I di quel libro medesimo può essere additato ad esempio dell'arte mirabile con la quale l'illustre cieco sa mostrarsi egualmente maestro nel descrivere così i grandi fenomeni della natura, come le rivoluzioni dell'umanità. Egli è a questa scuola, ed a quella dei Macaulay, dei Ranke, dei Mommsen e dei Thierry, che, a parer mio, converrebbe si ispirassero gli storici italiani!

sempio tipico del sollevamento degli strati preesistenti per opera delle forze vulcaniche. Narrava l'illustre viaggiatore, sulla fede delle tradizioni orali da lui raccolte fra gli abitanti, che in quella pianura, pur dianzi unita e tranquilla, manifestossi il 29 giugno 1739 un enorme rigonfiamento del suolo, alto più di 500 metri, e circondato da un grandissimo numero di più piccoli ma simili monticelli, a guisa di forni (d'onde il loro nome di *Hornitos*), tutti esalanti una quantità immensa di gaz e di vapori, sopra un'area di circa tre miglia quadrate [1]. Egli è principalmente su questo preteso fatto storico che venne fondata la famosa teoria dei crateri di elevazione o di sollevamento, formolata dall'insigne geologo Leopoldo De Buch [2], e per sì lungo tempo accettata come un'assioma nella scienza. Il sig. Poulett-Scrope [3] fu il primo che osasse mettere in dubbio l'asserzione o meglio l'ipotesi di Humboldt. Le osservazioni fatte sui luoghi dall'illustre De Saussure dimostrarono poi che non era avvenuto nella pianura del *Malpaese* alcun sollevamento degli strati superficiali del suolo, nè « in forma di vescica » nè altrimenti, e che non vi si erano manifestati tranne i consueti fenomeni d'una eruzione subaerea normale. Cinque aperture

(1) Humboldt, *Essai politique sur la Nouvelle Espagne* t. II, p. 173-175. — Id. *Essai sur la Géographie des Plantes*. — Id. *Tableau physique des regions equinoxiales*, p. 30. — Id. *Essai geognostique sur le gisement des roches*, p. 321.

(2) *Description physique des Iles Canaries*.

(3) Nella prima edizione della classica sua opera, pubblicata nel 1825.

si spalancarono sopra una bassa valle, lungo una fessura diretta da N. a S. In ciascuna di quelle bocche si formò un cono di ceneri, in virtù delle continue deiezioni di scorie; nell' atto che da tutti quei coni, ed in particolare modo dal più grande, dal Jorullo, sgorgarono copiose correnti di lava basaltica imperfettamente liquida, le quali, non potendo scorrere a grandi distanze, si vennero accumulando le une sulle altre, in forma di piattaforma convessa, che è la famosa pianura curva (*plaine bombée*) di Humboldt. Quel vulcano non fu quindi *certamente*, concludeva il celebre naturalista svizzero ([1]) formato per sollevamento, ed i suoi fenomeni, ben lungi dal potersi addurre in favore di una supposta azione espansiva impressa al suolo dalle forze vulcaniche, dimostrano, al contrario, che le più formidabili esplosioni possono accadere, senza cagionare la menoma perturbazione negli strati superficiali circostanti. Questa dottrina intorno al Jorullo, sulla quale dovremo tornare in sul finire del nostro libro, è oggimai accolta dai più eminenti geologi e vulcanisti, i quali rinunziando alle immaginose fantasmagorie dell' ipotesi dei repentini sollevamenti, hanno applicato anche ai fenomeni plutonici la altrettanto feconda quanto semplice teoria delle cause attuali, che spiega mirabilmente quel tanto che ci è dato sapere dalla fisica del globo ([2]). (Fig. 33).

([1]) De Saussure, *Bulletin de la société vaudoise*, vol. II, p. 451. 1859.

([2]) V. Lyell, *Principles of Geology*, vol. I, pag. 584 e vol. II, pag. 35. — Reclus, *La Terre*, pag. 631.

Fig. 33. — Il Jorullo e gli Hornitos.

A ponente del Malpaese del Jorullo, e quasi in riva al Pacifico, sorge il vulcano di *Colima*, alto 3,900 metri, su cui ascese Pieschel nel 1852. Esso ha due cime, l'una delle quali esala dal suo cratere vapori d'idrogeno solforato. Citansi di questo vulcano una grande eruzione di ceneri nel 1770, e nel 1795 una colonna di scorie incandescenti.

Sebbene non sia accertata l'esistenza di vulcani attivi sopra un gran tratto delle catene americane a settentrione dei pianori messicani, l'energia delle forze vulcaniche vi è però indubbiamente manifestata dalla presenza di molti spenti crateri e di rocce basaltiche, nei monti di Guadalaxara e di Durango, nella *Sierra-Madre*, in quella di *S. Francisco,* nella *Nevada* ed in altre diramazioni delle Montagne Rocciose.

I crateri di que' vulcani spenti sono notabili per la loro distanza dal mare, che varia da 800 a 1000 chilometri, sebbene è più che probabile che questa supposta eccezione ad una delle leggi della Fisica del Globo non sia che apparente, dacchè nell'epoca della loro attività quei coni erano sicuramente più propinqui al mare, il quale ne fu dai successivi sollevamenti allontanato.

Nell'Oregon i *Monti delle Cascate* comprendono molti picchi vulcanici, coperti di perpetue nevi, fra i quali citeremo: il monte *Jefferson* o *Vancouver* (a 44° 35 lat. N.), alto 4,710 metri; — il monte *Sant' Elena* (a 45°) 5,000 metri che manda sempre colonne di fumo; — Il monte *Adamo* (46° 18'); — il monte *Reignier* (46° 48'), 3,670 metri, che arde

tuttora; — il *Baker* (48° 48′), 3,210 metri, possente vulcano in attività; e più interterranei, il *Brown* (5,000 m.), e l' *Hooker* (2,110 m.), a 57° lat. N. — La piccola isola di *Lazzaro*, sotto la stessa latitudine, ha il monte *Edgecumbe* (912 m.) che fu in violenta eruzione nell' anno 1796.

Il monte *Fairweather* (58° 45′), alto 4,380 metri, è tutto coperto di pomici, e sovente in attività. Fu del pari veduto in frequente eruzione il *Monte Sant' Elia,* a 60° 71′, alto 5,400 metri.

La catena montana, che fino a quella latitudine tendeva a N. O., converge subitamente a S. O., formando la lunga penisola di Alashka, continuata dalla catena eminentemente vulcanica delle Isole *Aleutte* attraverso al Pacifico boreale.

Il Capitano Mac-Clure nel suo fortunato viaggio alla ricerca del passaggio del N. O., segnalò a levante della foce del Mackenzie, a 60° 57′ lat. N., parecchi vulcani nella *Baia di Franklin.* Il missionario Miertsching, interprete della spedizione, li descrive come altrettante salse. Quaranta grandi colonne di vapore sollevavansi (dice egli) da monticelli conici. L' acqua era assai calda nel fondo del mare; durante la notte scorgevansi dalla nave i vivi bagliori di quelle apparizioni, e sentivasi, a grande distanza, un forte odore di solfo.

CAPITOLO V.

I Vulcani dell'Asia e dell'Oceania.

Il *Circolo di Fuoco* (come Leopoldo di Buch lo ha pel primo nominato) che contorna l'Oceano Pacifico, e la cui parete orientale è costituita dalla possente catena dei vulcani d'America, da noi descritta nel precedente capitolo, prosegue con non minore energia la sua linea di coni ignivomi sulla opposta sponda dell'antico continente.

La lunga catena delle isole *Aleutte* è l'anello di congiunzione fra i due mondi. Lunga più di 1,550 chilometri, essa è tutta irta di picchi vulcanici, trentaquattro dei quali furono veduti in piena attività nei tempi storici.

Pressochè ad angolo retto con questa catena, stendesi quella dei vulcani del *Kamsciatkà* in numero di 14. Il *Krestowik* sorge a 56° 4′ lat. N. Il *Klutchewsk*, alto 4,950 metri, fu in violenta eruzione dal 1726 al 1731; poi di nuovo nel 1767 e nel 1795. Nel 1825 Erman fu testimonio oculare di una grande conflagrazione di quel gi-

gante boreale, che si collega dappresso al cono dell' *Uschiakaja-Sopka*. Citeremo ancora il *Tolbatschi*, lo *Schiwelatsch*, ed un grande lago crateriforme tra i monti Palau, simile agli Appenninici dell' Italia.

Immediatamente a mezzodì del capo Lopatka, la prima delle isole *Kurili*, *Paramuchir*, contiene un vulcano attivo; ed altri otto o dieci coni eruttivi sorgono in quell' arcipelago, lungo 1,160 chilometri.

Succede il grande impero giapponese, divenuto in questi ultimi anni la meta delle ricerche, delle ambizioni e della civiltà delle potenze occidentali.

La prima delle sue isole, *Yeso*, presenta al suo angolo N. E. un picco vulcanico, alto 1,600 metri; ed in tutta la sua lunghezza essa è traversata da una catena, in cui Siebold non contò meno di 17 coni, fra i quali l' *Usaga-Talee* ed il *Kajo-Nori* sono in attività.

Fra i molti vulcani, che certamente sono nelle altre isole Giapponesi, i soli attivi conosciuti dagli Europei sono, cominciando da settentrione: il *Jake-Yama*, all' estremità N. E. di Niphon, a 41° 20'; un altro dello stesso nome, che è forse nella lingua del luogo la parola generica per indicare una montagna ignivoma, a 36°; l' *Assama Yama*, a N. di Yeddo, a 36° 22', in violenta e disastrosa eruzione nel 1783, e permanente da quell' epoca; il *Fusi-Yama*, a 35° 18', alto 3,740 metri, cono di mirabile regolarità, tronco soltanto presso la vetta, coronato da un cratere ovale di 1800 metri di

lunghezza sopra 600 di larghezza e 350 di profondità. Quella montagna è pei Giapponesi l'oggetto d'una grande venerazione e di frequenti pellegrinaggi. « I membri delle ambasciate giapponesi, scrive un egregio navigante italiano [1], al ritorno dall'Europa, esultavano per la gioia di contemplare il Fusi-Yama, come fa il marinaio siciliano quando rivede l'Etna e come il savoiardo quando ritorna nelle gole alpestri della Moriana ». Una tradizione, a creder nostro poco fondata, vuole che il famoso monte sia uscito dalle viscere della terra in una sola notte nell'anno 286 avanti Gesù Cristo. Le eruzioni storicamente conosciute sono quelle degli

[1] Il Commendatore Arminjon, nell'opera *Il Giappone e il viaggio della corvetta Magenta*, Parte 2.ª, Cap. II, pag. 218. Quest'ottimo libro ci annunzia un'altra pubblicazione che attendiamo col più vivo desiderio, la relazione scientifica del viaggio scritta dal naturalista Signor Dott. Giglioli. È da augurare che l'esempio di questi egregi venga imitato. Quando consideriamo i 28 magnifici volumi già pubblicati dagli scienziati tedeschi intorno al viaggio della *Novara*, e pensiamo che la spedizione italiana in Persia (per non citare che uno dei molti casi ai quali la riflessione è applicabile) non ha somministrato che pochi sparsi frammenti alla nostra letteratura scientifica, non possiamo che unirci al chiarissimo Presidente della Società Geografica, Cristoforo Negri, nel deplorare che così scarso sia finora il frutto che la patria di Marco Polo, di Balducci, degli Zeno e di Colombo ritrae dalle dotte e coraggiose fatiche dei loro successori. Non parleremo poi di coloro (e non sono pochi in Italia) i quali non avendo mai dato segno alcuno capace di rivelare al mondo la profonda e peregrina loro sapienza, amano piuttosto adoperare i tesori del loro superbo ingegno nel vilipendere e calunniare qualunque vita che ardisca manifestarsi modestamente laboriosa. Grande ventura invero pei novelli D. Basili poter far dire alle genti: costoro non hanno mai fatto nulla; ma se facessero, si vedrebbe con quali portenti siano atti a stordire il genere umano!

anni 977, 863, 937, 1032 e 1707, epoca dopo la quale il vulcano giacque in riposo.

Nell' isola di Kiusiu contansi, tra' vulcani attivi: il *Wunsen* (a 32° 4′), alto 1,230 metri, la cui spaventevole eruzione nel 1793 fece perire, dicesi, 53,000 persone; l'*Aso-Yama* (a 32° 45′) ad E. S. E. di Nagasaki; il *Kirisima* (a 31° 45′); il *Mitake* e l' *Unga*.

Abbandonando le isole giapponiche, la catena vulcanica si prolunga a mezzodì in una serie di piccole isole, fino alle *Lieu-Tcheu;* e quindi alla vasta *Formosa* (24°), ove il luogotenente Boyl osservò una eruzione nel 1853.

Furono del pari viste fiammeggianti parecchie fra le isolette che rannodano Formosa alle *Filippine,* nelle quali Leopoldo De Bûch enumera ben 19 vulcani. Nella più settentrionale (*Luçon* o *Manilla*), il più grande vulcano è il conico *Mayon,* le cui detonazioni sentonsi a grande distanza. Singolarissimo è un altro monte di quella contrada, il *Taal,* che sorge come un' isola in mezzo a un lago, e che nel suo cratere contiene un altro lago, da cui s' innalza finalmente il cono ignivomo.

Nell' isola di *Mindanao,* la più meridionale fra le grandi Filippine, è un vulcano, la cui eruzione nel 1640 disperse enormi masse di rupi alla distanza di 8 chilometri, e mandò nembi di ceneri fino alle Moluche ed a Borneo. La montagna letteralmente *scomparve,* e un lago prese il suo posto.

In quell' isola la grande catena si biforca: con una delle sue punte, va, per le *Sooloo*, a *Borneo;*

coll'altra, attraverso lo stretto di *Banka*, raggiunge l'estremità N. E. di *Celebe*. Borneo stessa non sembra (pel poco che se ne sa) contenere attivi vulcani: il celebre Rajah Brooke cita però, nella provincia di *Sarawak*, il monte *Gunung-Api* (*monte di fuoco*) di origine evidentemente vulcanica. Nell'isola di Celebe, al contrario, sorgono undici vulcani in piena attività, diretti sopra un solo asse in direzione meridionale ([1]).

Piene di vulcani sono le isole Moluche. *Ternate* ne ha uno, alto 1725 metri, ch'ebbe una violenta eruzione dal 1838 al 1839, dopo un secolo e mezzo di riposo. Una immensa quantità di pomici scagliò nel 1673 un vulcano di *Gilolo*. *Amboina* è interamente vulcanica, sebbene i suoi crateri (terribili ancora nel 1820) sembrino in oggi ridotti nello stato di solfatare. *Sorea*, la più meridionale dell'arcipelago, fertile un tempo, popolosa e bene coltivata, fu totalmente devastata nel 1693 da una eruzione, che distrusse dall'imo a fondo una montagna e lasciò in suo luogo un lago di lava incandescente. Nell'isola di *Machian*, nel 1646, un alto monte fu spaccato in due da una tremenda conflagrazione. La piccola isola di *Banda* non cessò di ardere dal 1586 al 1824; e dessa, del pari che il picco di *Timor*, serviva, come lo Stromboli, di faro ai naviganti, che lo vedevano alla distanza di 450 chilometri.

([1]) Su questo punto, come in generale su tutti i vulcani dell'Oceania, possono utilmente consultarsi: Junghuhn, *Java, seine Gestalt und innere Bauart*; — Ferd. von Hochstetter, *New-Seeland*; - Raffles, *Java*; - Bowring, *Philipp. - Islands*.

Ma nel 1638 l'eccelsa montagna scoppiò come una bomba e lasciò al suo posto un ampio lago.

Questo fenomeno, della esplosione dei coni vulcanici (di cui vedemmo esempi nella storia del Vesuvio e dell'Etna ed un altro in quella del Carguairazo) è più che altrove frequente nei vulcani dell'Arcipelago Indiano e dell' Oceania. Nel 1815 un vulcano dell'isola di *Sumbava*, il *Timboro* o *Tomboro* distrusse, così scoppiando, un numero d'uomini più grande di quello che perì vittima dell'artiglieria di Waterloo. Nell' isola di Sumatra, a 900 chilometri a ponente, si sentì la terribile esplosione, nell' atto che, in un raggio di 500 chilometri intorno alla montagna, il denso nembo di ceneri, che nascondeva il sole, fece notte nera di pien meriggio. Tutti quei rottami, la cui massa accumulata rappresenta, dicesi, un volume triplice di quello del Monte-Bianco, si dispersero sopra uno spazio più vasto dell' intera Germania. La pietra pomice ondeggiava sul mare in uno strato di più di un metro di spessore, attraverso al quale i bastimenti non potevano incedere che con grande difficoltà. La popolare immaginazione fu talmente scossa da quella catastrofe, che a Bruni, nell' isola di Borneo, ove enormi ammassi di polvere vomitata dal Timboro, a 1400 chilometri a Sud, erano stati portati dal vento, contansi gli anni pigliando data *dalla grande pioggia di ceneri* [1].

L' isola di Giava comprende un maggiore numero di vulcani che qualunque altra regione del globo.

(1) Vedi E. Reclus, *La Terre*, pag. 670. — Poulett-Scrope, *Les Volcans* (trad. di Pieraggi), pag. 475.

di eguale estensione. Gli studi del Dott. Horsfield, quelli di Hochstetter, e sopratutto quelli del Dott. Junghuhn ce li hanno fatti conoscere, come quelli di Humboldt e di Bonpland ci avevano rivelati quelli della catena delle Ande. Non meno di quarantacinque coni, ventotto dei quali sono in piena attività, si succedono in un solo asse, che corre la lunghezza intera dell'isola. Il più alto, il *Gunung-Semera*, ha 3,670 metri di elevazione. Quattro misurano da 3,200 a 3,300 metri; e sette da 2,700 a 3,000 m. di altezza.

La più terribile eruzione dei vulcani giavanesi avvenne nel 1772 sul *Papandayang*, alto 2,109 metri. Nello stesso istante, due altri vulcani dell'isola, situati l'uno a 295 e l'altro a 563 chilometri in linea retta dal Papandayang, fecero eruzione, benchè molti coni intermedii della catena rimanessero perfettamente tranquilli. Questo fatto, non che parecchi altri consimili che si possono citare nella storia dei vulcani, chiariscono quanto sia complesso il carattere della comunicazione o della corrispondenza esistente fra le fratture di eruzione, attraverso le quali emergono le materie vulcaniche, e mostra quanto vadano errati quei geologi che, pigliando troppo alla lettera le teorie di De Buch e di De Beaumont, suppongono che tra i vulcani regni una perenne comunicazione con un centro comune, e che i coni disposti in catena o in sistema vulcanico riposino sempre e necessariamente sopra una sola ed omogenea fessura della terrestre crosta.

La grande eruzione del Papandayang venne sovente citata come un esempio della precipitazione

e del sepellimento di una vetta vulcanica, cedente il luogo ad un lago o ad una bassa pianura. Il Dott. Junghuhn ha confutato questa falsa interpretazione, descrivendo il fenomeno siccome avente invece il carattere che appartiene a tutti i parosismi di questa natura, che abbiamo di sopra enumerati: quello, cioè, della *distruzione* totale della vetta vulcanica, cagionata da ripetute esplosioni, le quali la disperdono in frammenti sul paese adiacente, e dal trasporto operato dal vento ad enormi distanze delle particelle minute e tritate. I quaranta villaggi (dice a questo proposito il Poulett-Scrope) che si asserì essere stati *inghiottiti* dalla aperta terra, furono, invece, *sepolti* dalle deiezioni frammentarie della convulsa e polverizzata montagna.

I vulcani di Giava vomitano prodigiose quantità di ceneri minute, spesso nello stato di fanghiglie, a seguito della loro mescolanza col contenuto dei laghi crateriformi; e si è di queste materie che si compongono, per conseguenza, i fianchi esteriori di quelle montagne. Egli è perciò appunto che quei vulcani sono singolarmente soggetti alla erosione ed allo screpolamento, sotto l'azione dei torrenti tropicali sui loro elementi friabili e mobilissimi; e sono quindi profondamente solcati da burroni radianti con una regolarità, che Junghuhn pittoricamente paragona alle pieghe che si formano tra le balene o cannuccie di un ombrello semi-aperto. Mentre la forma che generalmente assumono le vette vulcaniche è quella del cono regolare, quella dei vulcani di Giava consiste, invece, in una serie di dorsi pro-

minenti, i quali partendo dalla cima del vulcano, ove formano piccoli ed appena discernibili solchi, scendono man mano più larghi ed al tempo stesso l'un dal-l' altro da più profondi tagli separati, come altrettanti raggi di un immenso parapioggia socchiuso. ([1]).

L' isola di *Sumatra,* assai meno perfettamente esplorata di Giava, di cui non è che il prolungamento, è quasi interamente vulcanica. Nella principale sua catena sono parecchi grandi vulcani, che Marsden ha descritti. È notevole che gli abitanti riannettono i loro più violenti terremoti alle epoche di riposo de' loro vulcani; e sono quindi contenti quando questi ultimi manifestano una eruzione. Il *Gunung-Dempo*, la più alta montagna dell' isola, a 3,600 metri, emette pressochè costantemente vapori.

La catena vulcanica di Sumatra si prolunga, verso il Nord, nelle isole *Nicobare* e *Andamane.* Fra queste ultime, quella di *Barren-Island* è citata dai geologi siccome il più perfetto tipo del *vulcano insulare*, consistente in un cono attivo, circondato dalle pareti di un cratere antico molto largo, nel quale il mare entra per una breccia. Le esplosioni di questo vulcano hanno luogo regolarmente di dieci in dieci minuti.

Egli è in questo gruppo di isole, che sembra avere termine (a meno che ulteriori esplorazioni non ne rivelino il prolungamento nell' Imalaia) la più grande catena vulcanica visibile sul nostro

([1]) Poulett-Scrope, op. cit. pag. 478. — Arnoldo Boscowitz dà parecchi molto bei disegni di questi coni regolarmente lacerati di Giava.

pianeta, quella catena che noi abbiamo seguita traverso a ben 60 gradi di latitudine, dalle boreali punte della penisola del Kamsciatkà, là dove si riannette per le Aleutte all' altra grande catena Americana, giù giù per le Kurili, il Giappone, le Lieu-Tcheu, Formosa, le Filippine, le Moluche e la Sonda.

Si è (come vedemmo di sopra) nell' isola di *Gilolo* che questa grande catena, biforcandosi, inflette verso ponente il ramo che abbiamo finora descritto. L' altro ramo, partendo da quell' isola stessa, si dirige a levante, lungo la costa boreale della *Papuasia* o della *Nuova-Guinea;* e poi, traversando la *Nuova-Bretagna*, le *Salomon*, le isole della *Regina Carlotta*, le *Nuove-Ebridi*, la *Nuova-Caledonia*, dopo avere varcato, verso il sud, un lungo tratto di aperto oceano, raggiunge la *Nuova-Zelanda.* La sua direzione, lungo questa immensa curva, ad oriente, siegue una linea notevolmente parallela alla costa d' Australia, presso a poco come la sovradescritta ghirlanda d' isole vulcaniche contorna, a ponente, Borneo. Molti sono i vulcani in questa secondaria catena: il *Semoya*, nell' arcipelago di Salomon, fu frequentemente veduto in eruzione; e molte pomici si trovano in *Malicolo*, una delle isole della Regina Carlotta.

Il *Monte-Egmont*, nella settentrionale delle isole della Nuova-Zelanda, cono alto 2,690 metri, è spesso in attività; lo stesso dicasi del *Tongariro*, alto 1,860 metri, nel centro dell' isola.

A mezzodì della Nuova-Zelanda, la catena si riannoda, per mezzo dei gruppi di *Aukland*, di

Maquaria, di *Campbell* e degli *Smeraldi*, alla *Terra-Victoria*, compresa nel circolo polare antartico, ove sir John Ross osservò due alte montagne ignivome, da lui chiamate col nome delle sue navi. l' *Erebo* ed il *Terror*. Il prode navigatore inglese le descrive siccome coperte di perpetue nevi, tranne nei luoghi ove la lava e le calde ceneri le hanno disciolte, e formate di strati di basalto alternati con ispesse lame di ghiaccio. La linea delle coste della Terra Victoria, prolungata al di là del polo australe coincide con quella delle Shetland meridionali, da noi precedentemente descritte, immediatamente a sud del Capo-Horn. — E così la grande catena vulcanica fa letteralmente il corso intero del Pacifico, tagliando in due emisferi la superficie del globo.

Per non interrompere la descrizione della curva, quasi diremmo esattamente geometrica, di questa immensa catena, ho passato sotto silenzio parecchie regioni vulcaniche seminate nella vasta superficie del Pacifico, le quali però conviene ora di accennare.

Numerose tracce di azione vulcanica osservansi nel grande continente dell' *Australia*. Nella sua estremità meridionale, la provincia di *Victoria* presenta centinaia di coni di ceneri, la maggior parte delle quali sono il prodotto delle antiche correnti basaltiche, onde fu inondata la contrada.

Vulcaniche del pari sono le isole dei *Navigatori*, quelle degli *Amici*, ove arde continuo il picco di *Tafna*, alto 639 metri. Più a levante, *Tahïti*, la maggiore delle *Isole della Società*, componesi di montagne trachitiche di epoca molto antica, i cui

fuochi sembrano da gran pezza estinti. — Le piccole isole agglomerate negli arcipelaghi della Micronesia, a N. dell'equatore, le *Caroline*, le *Marianne*, quelle dei *Ladri*, di *Mayhall*, di *Gilbert*, comprendono parecchi vulcani.

Ma il più possente centro di attività vulcanica di quelle regioni trovasi nella estremità boreale dell'arcipelago oceanico, nelle isole *Sandwich*. — *Hawaï*, poco più grande della Corsica, serve di base ad un vulcano di 4,300 metri di altezza, il quale eccede quindi di 500 metri il picco di Teneriffa. È il formidabile *Mauna-Roa*, o *Mauna-Loa*.

Nel 1843 una eruzione scoppiò alla vetta di quella montagna, producendo un torrente di lave di 48 chilometri di lunghezza. Nel 1852 una nuova conflagrazione avvenne nello stesso punto. Ma più spaventosa fu la catastrofe di agosto 1855, che cominciò con un getto di gocce splendenti di lave ciaculate dalla cima del monte, getto susseguito poco di poi dall'emissione, da una bocca apertasi 600 metri più al basso, di un'enorme fiumana di lave larga quattro chilometri e mezzo, che percorse una linea di 112 chilom., seco trascinando intere foreste (Fig. 34). Fatto notabilissimo, e che viene a conferma della osservazione già enunciata di sopra sulla estrema complessità dei rapporti che insieme collegano i vulcani vicini, il grande cratere del *Kilauea*, che è in permanente attività, situato sull'altro lato della montagna, ad una distanza di soli 25 chilometri, conservò il suo carattere normale durante quella terribile convulsione del suo maggior fratello germano.
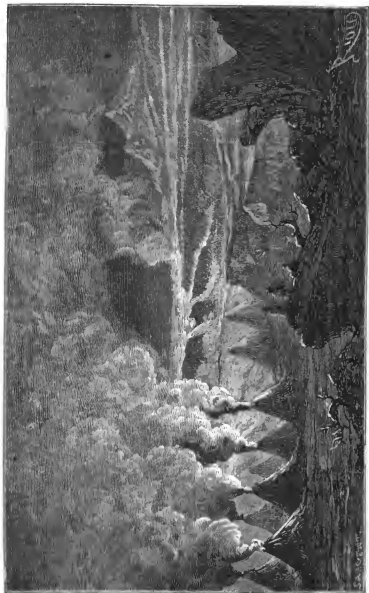
Fig. 34. — Mauna-Roa.

Egli è in un punto comparativamente basso sul Mauna-Loa, a 1,200 metri soltanto sul livello del mare, che osservasi una eminenza in forma di cupola leggermente tronca: essa è il famoso vulcano *Kilauea*, or ora nominato, il cui cratere ha circa 11 chilometri di perimetro, formando un elissi irregolare.

È questo forse, nel mondo intero, il cratere che desti in più alto grado la meraviglia ed il terrore. Esso è un profondo abisso occupato da un lago di lava, il cui livello varia di anno in anno, ad ora ad ora alzandosi ed abbassandosi, come l'acqua di un pozzo. La superficie di quell'orrendo mare di fuoco è d'ordinario coperta da una spessa crosta di scorie; ma di tratto in tratto la bollente pegola rompe quell'involucro e si dilata intorno fiammeggiante. Qua e là sprazzi di vapore si sprigionano fischiando e zufolando, e scagliano tutt'intorno getti di scorie ardenti, o formano coni di cenere alti venti o trenta metri, che divengono altrettanti temporanei vulcani in miniatura. Nel 1840 il cratere era tutto pieno di fusa pietra fino agli orli, quando il fianco della montagna, cedendo all'enorme peso, si franò in un immenso crepaccio, d'onde uscì un torrente di lava lungo 60 chilometri e largo 25, che cambiò completamente la configurazione del lido. Il Signor Dana calcola che la massa intera di quelle lave ammonti a 5 miliardi e mezzo di metri cubici (1).

(1) V. Dana, *American Expedit. — Geology.* — Ellis, *Transact. R. Geological Society* vol. VI. — Chase e Parker, *American Journal of Science etc.* XL, pag. 117 e seg.

Meno esplorati di quelli dell'Oceania sono finora i vulcani dell' oceano indiano riuniti nella grande isola di *Madagascar*, nelle *Comore*, nelle *Mascareigne*, a *Maurizio* e nell' isola *Borbone*. In quest' ultima è formidabile il cono del *Pitone*, circondato da una immensa contrada perfettamente deserta e bruciata dalle sue lave.

CAPITOLO VI.

Teoria dei Vulcani.

Qual è il numero dei vulcani presentemente attivi sul globo? — A tale quesito non saprei io e probabilmente è impossibile il dare una assoluta risposta. Prima di tutto, molte regioni non furono ancora esplorate abbastanza accuratamente; molte altre ve ne sono, nelle quali un cratere è dato come spento, sol perchè da un tempo che non è lungo se non relativamente alle piccole, infinitissime nostre unità di misura, più non fiammeggia, mentre, rispetto alla vita del pianeta, il suo riposo non può per avventura considerarsi che come istantaneo. Innumerevoli poi sono forse i vulcani esistenti nel fondo dei mari, senza che a noi ne giunga pur la remota notizia. Per fermo, le cifre che furono poste innanzi a questo proposito da illustri autori, sono, e di molto, al di sotto del vero. Humboldt ha contato 223 vulcani; Keith Johnston 270, dei quali 190 nel solo cerchio di fuoco del Pacifico. —

Io penso che punto non sarebbe esagerazione il raddoppiare la totale cifra data dal geografo inglese.

Ma più importante e più arduo quesito è quello che indaga le cause e la origine dei vulcanici incendii. Ho già accennato in più luoghi, e più particolarmente nel Capitolo I di questa seconda parte del mio libro, le generali considerazioni per le quali mi sembra poco plausibile la teoria che ripete l'origine dei vulcani dalla esistenza di un unico fuoco centrale, di cui i coni ignivomi sono considerati come altrettante camminiere od orifizi di emissione.

I fatti che nelle antecedenti pagine ho riferito, lungi dal recare conferma alla ipotesi di questa centrale ed unica comunicazione di tutti i vulcani, tendono ad escluderla ed a mostrarci invece che questi formano altrettante distinte benchè più o meno complesse individualità, aventi focolari loro propri; e che se possono esistere (come esistono di fatti) non pochi casi, nei quali due o più vulcani sono insieme comunicanti, od almeno collegati da così intime relazioni, da poterli riguardare siccome formanti un *sistema vulcanico,* nulla ci autorizza però ad estendere questi rapporti ad un grandissimo numero di vulcani, e molto meno a rappresentarli tutti siccome aventi un centro solo e comune.

Bocche ignivome molto fra loro vicine fanno eruzioni perfettamente indipendenti e in quanto alla qualità delle materie vomitate, ed in quanto all'epoca ed alla durata delle conflagrazioni. Ricorderemo ad esempio il Mauna-Loa ed il Kilauea così contigui fra loro, e pur tuttavia così poco sincroni,

anzi così discordi nelle loro eruzioni e nelle loro vicende. — Del pari l'Etna ed il Vesuvio talora, come nel 1865, emettono lave contemporaneamente; talvolta l'uno riposa, mentre l'altro è in piena attività; poscia si sveglia il primo, quando il secondo si acqueta. — Noi vedemmo nella lunga fila dei vulcani di Giava le simultanee eruzioni di coni lontanissimi fra loro, nel silenzio e nella quiete dei coni intermedi. È possibile, e noi lo ammettiamo perfettamente, che vastissime cavità sotterranee comunichino con la superficie per mezzo di vulcani, gli orifizi dei quali sono molto lontani fra loro; com'è possibile egualmente che altre cavità minori, separate dalle prime per mezzo di immense vôlte, siano ad esse sovrapposte e più vicine alla superficie terrestre, senza comunicare punto con le prime, ed avendo i loro propri tubi di eruzione.

La tendenza di tutte le scienze veramente degne di questo glorioso nome, e la efficiente causa dei loro moderni progressi consiste, a credere nostro, nello studio continuo dei loro cultori di non appigliarsi alla incerta guida delle ipotesi, se non nei casi in cui, per mancanza di sufficienti dati *a posteriori*, l'ipotesi sia assolutamente necessaria per dar ragione di un determinato ordine di fenomeni, e quando (già s'intende) di questi fenomeni essa fornisca completa spiegazione. — L'ipotesi non è giammai *legittima*, se non a condizione di essere *necessaria* e *sufficiente.*

Ora, niuno di cotesti due caratteri si riscontra (secondo che a me pare) nella ipotesi del sotter-

raneo Piroflegetonte, cui si volle attribuire la origine di tutti i fenomeni di riazione dall' interno alle esteriori parti del pianeta.

Essa non è *necessaria*, perocchè i fatti direttamente osservabili e cadenti sotto il testimonio dei sensi bastano a porgere dei fenomeni sismici, vulcanici e plutonici una spiegazione perfettamente razionale, e non punto men salda nè meno chiara di quelle delle quali ci accontentiamo scrutando la genesi di qualsivoglia altra maniera di fatture della Fisica del Globo.

L' ipotesi del fuoco centrale non è poi *sufficiente*, dappoichè ella lascia compiutamente inesplicato l' arcano di un grandissimo numero di fatti capitali della geografia e della storia sismo-vulcanica, fatti che dalla nostra teoria ricevono invece luce e ragione, quali sono appunto la indipendenza ed il difetto di sincronismo nell' attività di prossime o contigue fauci vulcaniche, la disposizione dei circoli di fuoco, la costante loro vicinanza ai bacini marittimi, la presenza di enormi quantità di vapore acqueo nei prodotti delle eruzioni, la relativamente piccola profondità dei centri sismici, ed altri che nel corso del presente volume siamo venuti negli opportuni luoghi svolgendo.

Tra questi fatti medesimi, alcuni ve ne hanno, che devono in modo affatto peculiare cattivarsi l' attenzione dello studioso dei fenomeni della natura, e che alla Fisica Geografia più propriamente si appartengono.

La prossimità delle bocche vulcaniche ai lidi marittimi, l' immensa copia di vapore acqueo che

esala dai crateri durante le eruzioni e la quale, al dire di Sainte-Claire-Deville, comporrebbe i 999 millesimi del cosidetto *fumo* dei vulcani; la costante apparizione e la successiva sublimazione del cloruro di sodio, che accompagna sempre le eruzioni, e che forma altresì, siccom' è ben noto, uno dei principali componenti dell' acqua marina, tutto insomma tende a mostrarci chiaramente una strettissima connessione tra i vulcanici fenomeni e le masse oceaniche. Le scorie e le ceneri sono sovente coperte da una bianca efflorescenza, la quale altro non è che puro sale comune, e che gli Islandesi vanno per gli usi domestici a raccogliere dopo ogni eruzione dell' Ecla. I vulcani, giusta la bella espressione di Krugg Von-Nidda, debbono considerarsi come immense *fonti intermittenti;* espressione che dobbiamo dire assolutamente esatta, dopo che Fouqué ha determinato nella quantità enorme di 2,160,000 di metri cubici l' acqua che l' Etna vomitò durante un centinaio di giorni nel 1865. Tutti gli elementi dell' acqua marina si ritrovano dal chimico nei gaz e nei depositi delle fumarole; i sali di magnesia sono bensì scomparsi, ma solo per riapparire sotto altra forma nei prodotti del vulcano, nei quali, decomposti dall' alta temperatura, vanno a costituire altri corpi: il cloruro di magnesio si sdoppia in acido cloridrico ed in magnesia, il primo svolgentesi dalle fumarole e la seconda fissata sulle lave.

Ogni completa e normale eruzione comprende, come ha dimostrato il già citato Sainte-Claire-Deville, quattro successivi, distinti periodi. Nel

primo, caratterizzato da elevatissima temperatura, si osservano in grande quantità, fra le materie eruttate, il sal marino e diversi composti di soda e di potassa. Nel secondo, con una temperatura alquanto meno alta, formansi depositi di cloruro di ferro dai brillanti colori, ed acidi cloridrico e solforoso. Quando, nel terzo stadio, la temperatura è discesa al di sotto di 200 gradi, si hanno sali ammoniacali ed aghi di solfo, il quale stendesi sulle scorie. Nel quarto periodo, finalmente, allorchè il calore più non eccede i 100 gradi, le fumarole più non dànno che vapori d'acqua, d'azoto, di acido carbonico e di vari gaz combustibili.

Or bene, questa serie graduale di fenomeni, a cui dà luogo ogni eruzione completa, è quella stessa che deve prodursi dalla decomposizione dell'acqua marina, come ha provato sperimentalmente il sig. Fouqué [1]. Il fluoro e l'jodio, che trovansi pure nelle lave, sono del pari presenti nelle acque del mare. E se non si è potuto finora scoprir traccia nelle lave dei sali di bromo, i quali d'altronde sono in così deboli quantità nell'Oceano, ciò dipende dacchè la chimica riesce difficilmente ad isolare sì tenui proporzioni di siffatte sostanze.

Tutte le altre materie rigettate nelle eruzioni (silice, allumina, calce, soda, potassa, ossidi di ferro, rame, manganese, cobalto, piombo, fosfati ecc.) sono di origine terrestre, e provengono dalle rocce ridotte dal calore in istato liquido o pastoso.

[1] *Revue des Deux Mondes* 15 aout 1866 — e *Phénomènes chimiques de l'eruption de l'Etna en 1865.*

Infatti, qualunque sia la causa prima del fenomeno, è noto che la temperatura degli strati terrestri va (almeno nei limiti entro i quali si è finora ristretta l'umana osservazione) progressivamente aumentando, a misura che dalla superficie si scende in direzione verticale. Egli è appunto da questa legge d'incremento del calore, che la scuola di De Buch e di Humboldt si è affrettata ad indurre l'esistenza di un inferno di fuoco nelle ime viscere della terra, senza pensare forse abbastanza che, mentre da una parte è contraria ad ogni spirito filosofico una ipotesi audacissima unicamente fondata sulla incerta base dell'analogia, dall'altra, l'esistenza di quel centrale oceano incandescente trarrebbe a conseguenze che l'induzione e l'osservazione diretta provano assurde, siccome abbiamo mostrato nel capo primo di questa seconda parte del libro. È, per vero dire, possibile che l'aumento graduale di temperatura continui fino a profondità assai grandi, senza dubbio, ma sempre minime a rispetto della massa totale del globo; e non v'ha principio alcuno che giustifichi l'assunzione di questo fatto siccome una legge assoluta e senza limite.

Nel Capitolo V della parte prima di questo volume ho accennato alla ipotesi, giusta la quale le interne ignizioni, e quindi anche il calore dei profondi strati, sarebbe da attribuirsi alle correnti elettro-magnetiche, dalle quali la massa del globo è traversata, e dal differente grado di conducibilità di cui le rocce sono dotate. Ipotesi questa che non può dirsi così arrischiata e gratuita siccome

quella del fuoco centrale, e che ha il merito, agli occhi nostri grandissimo, di riannettersi alle teorie meglio assodate della Fisica terrestre.

Checchè di ciò sia, e stando pur sempre nel campo dei meri fenomeni conosciuti, è fuori di dubbio l'influsso che l'alta temperatura delle profonde formazioni terrestri deve esercitare sulle materie che le compongono, e sull'acqua marina la quale, filtrando e penetrando nelle fessure e nelle dislocazioni degli strati, deve più o meno presto essere ridotta in istato di vapore. Accumulandosi questo nelle interne cavità, non può che acquistare una formidabile tensione, capace di far esplodere e di sollevare le rocce, con le quali è a contatto. Calcolasi che a 15 chilometri di profondità, la forza di espansione dell'acqua debbe avere sufficiente energia, per equilibrare il peso delle masse sovraincumbenti, convertita in vapore a 500 gradi. Egli è alla enorme pressione esercitata in tutte le direzioni da queste masse gazose sulle rocce incandescenti, che sarebbero quindi dovute e l'ascensione delle lave entro ai tubi ignivomi, e le scosse dei terremoti, e tutte le emanazioni, che noi abbiamo con Humboldt compreso sotto la generica denominazione di *riazione dell'interno verso la superficie di un pianeta;* come si è alle potentissime riazioni chimiche le quali debbono risultare dal contatto di tante e sì diverse sostanze, portate a così elevate temperature, che sarebbero da attribuirsi le varie specie di materie che eruttano i vulcani.

Non nascondo che anche questa teoria, alla quale fanno oramai più o meno esplicita adesione tutti i più insigni naturalisti e geologi [1], presenta qualche grave difficoltà ch' io ho altrove segnalato [2]. Si potrebbe, per esempio, domandare come si spieghino, con questa dottrina, gli innumerevoli e giganteschi vulcani estinti, che presenta la Luna. Il nostro satellite, infatti, è tutto cosparso di una infinità di montagne coronate da vasti crateri. Comparativamente alla massa dell' astro, quei monti sono notevolmente più alti di quelli del nostro pianeta. Se ne contano 22 che oltrepassano l' altezza del monte Bianco, e la montagna lunare che gli astronomi chiamano Dœrfel ha 7,603 metri di altitudine, di poco quindi inferiore alle eccelse vette dell' Imalaja. Laplace non solo vedeva in quei monti tracce manifeste di eruzioni vulcaniche, ma aggiungeva che la formazione di nuove macchie e di vivide scintillazioni più volte osservate nella parte oscura di quei crateri selenitici indicano vulcani tuttora in attività. A questa causa anzi attribuissi per lungo tempo la comparsa degli aeroliti, di tratto in tratto cadenti sulla terra.

Tutte queste idee sonosj, coi progressi delle scienze, profondamente modificate. I contorni delle terre

[1] V. specialmente Dana, *Proceedings of the American Association for* 1849. — Wetzstein, *Zeitschrift für Erdkunde,* 1859 — Poulett-Scrope, *Les volcans,* trad. di Pieraggi. — Landgrabe, *Naturgeschichte der Vulkane.* — Otto Volger, *Das Buch der Erde,* ed *Erdleben des Schweiz.* — Buff, *Briefe über die Physik der Erde.* — Kluge, 5º fasc. del *Neues Jahrbuch für Mineralogie.* — Reclus, *La Terre.* — Lyell, *Principles of Geology ecc.*

[2] *Fisica del Globo,* lez. XXIII, pag. 562.

lunari, con somma cura disegnati dagli astronomi ed anche fotografati, non sembrano (tranne una eccezione di cui parlerò fra poco) aver subito alterazioni, dacchè vengono dall'uomo osservati. Le scintille, delle quali parlava Laplace, sono generalmente attribuite a mere illusioni ottiche; ed in quanto agli aeroliti, la loro origine è ben altrimenti remota negli spazi celesti di quel che sia relativamente alla Terra la Luna ([1]).

La forma dei crateri selenitici è del resto notevolmente diversa da quella dei terrestri. Mentre uno dei più grandi che esistano sul nostro globo (la *Caldera del Fuego,* nell'isola di Palma) non ha che 8 chilometri di diametro, quello del monte *Clavius* sulla Luna è di 227 chilometri; ve ne hanno otto altri, il cui diametro è da 112 a 184 chilometri; e dodici dei minori circhi lo hanno di 90 chilometri. Se immaginiamo che la Boemia intera, circondata com'è di alte montagne, costituisca un solo cratere, potremo formarci una idea di quelle immense cavità lunari.

Or bene, ripetiamo, come mai ci renderemo noi ragione di quella formidabile attività vulcanica, di cui il nostro satellite è stato il teatro, con una teoria come quella che fa dipendere la eruzione e tutti i fenomeni plutonico-sismici dalla presenza del mare, dal momento che è provato che la Luna, priva di un'atmosfera, non può perciò stesso avere mari, nè, per conseguenza, quelle filtrazioni di acqua e quelle

([1]) V. la mia *Fisica del Globo*, lez. XXI.

accumulazioni d'interni vapori, che sole spiegano, giusta questa teoria, il vulcanesimo sulla Terra?

Si potrebbe forse rispondere che i crateri selenitici sono tutti spenti oggidì e che, quando erano attivi, le condizioni fisiche della Luna potevano essere ben differenti dalle attuali. Ma anche questa risposta (dato che la si potesse astronomicamente accettare) lascerebbe pur sempre insoluto il problema, se fosse, com'esser sembra, perfettamente accertato il fatto, osservato la prima volta da Schmidt in Atene nel 1866, e poi verificato, benchè con molte varianti, dal Secchi, dal Flammarion, dal Chacornac, dal Respighi e da altri, secondo i quali il cratere *Linneo*, esistente nella regione lunare chiamata *Mare Serenitatis*, sarebbe in questi ultimi tempi scomparso, sotto l'influsso della eruzione di una materia liquida o polverulenta, più bianca che il fondo della circostante pianura, materia che dapprima avrebbe riempito il cratere; quindi, giunta al margine, avrebbe traboccato, dilatandosi sugli esteriori pendii, in modo da mitigare l'angolo di inclinazione da impedire così le proiezioni dell'ombra dell'antico cono, producendo press'a poco fenomeni simili a quelli che abbiamo veduto presentare i vulcani di fango della penisola di Taman. Dobbiamo noi ammettere che quelle materie fluide, che la Luna non ha alla superficie, giacciano nelle interne sue cavità? Accenniamo questi fatti e questi dubbi, unicamente perchè richiamativi dall'analogia dell'argomento. Del resto, sarebbe temerità, nello stato attuale delle nostre cognizioni, il volersi av-

venturare in ardite ipotesi sopra un soggetto finora così oscuro. Allo scopo nostro deve bastare una teoria, che spiega nel modo più semplice e più razionale i fenomeni vulcanici del nostro globo.

A compiere l'esposizione di questa teoria, mi rimane ora ad accennare il modo col quale un cono vulcanico si forma, e come procede nella sua fenomenologia.

La scuola delle *Rivoluzioni del globo,* rappresentata da Humboldt, De Buch, De Beaumont, affermava che i vulcani devono la loro forma odierna alla subitanea e violenta emersione di materie scagliate dal fuoco centrale verso la superficie e sotto la pressione delle quali gli strati terrestri sonosi repentinamente inclinati. Le materie comprese nell'interna fornace solleverebbero adunque, giusta cotale dottrina, tutt' ad un tratto la crosta del pianeta, dando origine ad un cono, ed aprendo un largo baratro a foggia d'imbuto fra gli strati dislocati, e producendo così con un unico parosisma una montagna ignivoma, e in altri casi le diverse montagne formanti un centro o sistema vulcanico.

Ma, non altrimenti che i già mentovati fondamentali teoremi di questa scuola (d'altronde così benemerita della scienza, per l'immensa copia di scoperte e di illustrazioni onde ne ha arricchito il tesoro), l'ipotesi da lei propugnata, della repentina formazione dei coni vulcanici, non è punto fondata sovra una esatta ed accurata interpretazione dei fenomeni che ci presenta la Natura. Il nostro grande Spallanzani ed il celebre De Saussure avevano già

notato ciò che Poulett-Scrope, Lyell, Prevost, Reclus, Darwin ed altri insigni geologi hanno oggimai irrefragabilmente dimostrato: che, cioè, l'attuale architettura dei vulcani, non è già il portato di un subito sollevamento, ma bensì invece l'effetto del ripetuto e talfiata diuturno accumularsi delle lave, delle ceneri, delle scorie e delle altre dejezioni dei vulcani medesimi. — Non è sollevando dal basso in alto gli strati, ma sì ricadendo dall'alto al basso, che le materie eruttate formano un cono.

Nella sua genesi primitiva, un vulcano non è che un semplice orifizio, mercè del quale la superficie del globo è posta in comunicazione, temporanea o permanente, con un centro più o meno profondo d'interna combustione. Le materie vomitate da quella apertura vengono man mano accumulandosi attorno ad essa, formandovi gradatamente un più o meno regolare cono; il quale, mediante le successive eruzioni ed il depositarsi progressivo di sempre nuove materie, può raggiungere poi, col lungo andare di secoli e di miriadi di secoli, le più colossali dimensioni, giungendo, come l'Etna, a 3320 metri, come il Picco di Teneriffa a 3700 metri, come il Mauna-Loa a 4250 metri, o, come il Sangai ed il Sahama, a 5600 ed a 7300 metri di altezza sul livello dei mari.

Mentre infatti gli esempi, che ho nel corso di questi studi ricordato, di spaventose eruzioni di miliardi di metri cubici di fusa roccia, spiegano perfettamente la formazione di queste moli immense, non vi ha che la smania del portento e del mira-

colo che possa far credere al loro subitaneo e repentino sollevamento.

L'esame accurato dei giacimenti, onde i coni sono composti, ha confermato sempre questa maniera di darne spiegazione, mostrando che essi sono integralmente costituiti dalle materie eruttate dal vulcano, e che la inclinazione degli strati, attribuita dagli avversari alla emersione parosismica del gigante, altro non è che la conseguenza della sovrapposizione dei prodotti delle succedentisi eruzioni.

Non neghiamo punto che talvolta la riazione delle interne forze contro la superficie planetaria possa esercitarsi con subita e repentina energia, e determinare il pur' anco istantaneo sollevarsi di una parte della crosta terrestre. I fenomeni testè avvenuti a Santorino, l'apparizione dell' isola Giulia, quella della Sabrina, e qualche altro simigliante esempio provano che siffatte parziali convulsioni sono perfettamente possibili. Ma esse non possono assumersi invero qual tipo della formazione dei vulcani, siccome quelle che non ci offrono un solo caso in cui un cono vulcanico siasi sollevato, facendo durevolmente alzare il circostante terreno in forma di una immensa cupola, come vorrebbero i fautori della opposta teoria.

Questi hanno bensì citato i sollevamenti del Jorullo nel Messico e del Monte Nuovo a Pozzuoli. Ma, in quanto al Jorullo, occorre anzitutto osservare che i soli testimoni della asserita sua emersione furono alcuni poveri indiani atterriti e fuggenti da una eruzione, dei quali A. Humboldt raccolse e riferì le incondite narrazioni. Ho poi ricordato a suo luogo

come, posteriormente alla visita del grande scienziato tedesco nel *Malpaese* messicano, altri illustri viaggiatori, fra i quali il De Saussure, abbiano trovato nella massa del Jorullo strati sovrapposti di lave, come in ogni altro cono di eruzione, e nessuna prova di quel supposto rigonfiamento del suolo a foggia di vescica, su cui erasi fatto tanto scalpore. E finalmente, quand' anco non si volesse benchè menomamente dubitare della testimonianza dei poveri ignoranti Indiani, nè tener conto alcuno della contraria dichiarazione dei mentovati scienziati, gioverebbe ad ogni modo (mi sembra) il ricordare che il cono del Jorullo non ha che una meschina altezza di 500 metri, e che male si citerebbe esso come tipo di un fenomeno che avrebbe in tanti altri luoghi assunto proporzioni enormemente più colossali.

In quanto poi al Monte Nuovo, l' unanime testimonianza di tutti coloro i quali assistettero, più di tre secoli or sono, alla eruzione di quel cono, si è che la terra, dopo essersi fessa e spaccata, diè passaggio a vapori, a ceneri, a scorie ed a lave, mercè dell' accumularsi delle quali la collina (meno alta, del resto, di parecchi coni parassiti dell' Etna) si andò gradatamente formando [1]. Ho nel Capitolo II di questa seconda parte del mio libro riferito come una incompleta ed inesatta citazione del racconto di

[1] V. Falconi in Hamilton. *Campi Flegrei*, pag. 70. — mss. di Francesco del Nero, pubblicato nel *Neues Jahrbuch für 1846*, e nel *Quarterly Journal of the Geological Society for 1847*, vol. *III* pag. 20. — V. anche *Memorie dell' Accademia Reale di Napoli* pel 1849.

Francesco Del Nero sia stata il principale, anzi l'unico fondamento di questa teoria del Monte Nuovo, la cui formazione si attribuì ad un supposto gonfiamento del suolo, mentre quel testimonio oculare ci fa conoscere invece che il cono risultò dalla sovrapposizione delle materie eruttate.

Esposte così le grandi linee della teoria, con la quale si spiegano, senza uscire dagli ordinari e consueti procedimenti della natura, i fenomeni vulcanici, sarà opportuno chiudere questo argomento con alcuni brevi cenni intorno alla qualità delle materie che i vulcani eruttano.

I prodotti più importanti delle eruzioni, le *Lave*, non sono già (come volgarmente si suppone) una sostanza omogenea e sempre uguale a sè stessa; chè anzi sono spesso molto differenti le une dalle altre e per l'esteriore loro apparenza, e pel colore della pasta, e per la forma dei loro cristalli, benchè tutte sieno composte di silicati di allumina, o di magnesia, uniti a protossido di ferro, a potassa, od a soda e calce. Quando predominano i componenti feldspatici, la roccia, biancastra per lo più, grigia o giallastra, prende il nome di *trachite;* se contiene in copia grande cristalli di augite, di *hornblend*, o di ferro titanico, diventa più pesante, assume più cupo colore, e nomasi *basalto*. Generalmente, durante una eruzione, il bacino del cratere si riempie di lava, a foggia di un lago di fuoco, alla cui superficie si formano di tratto in tratto enfiagioni o bolle di gaz, scoppiando le quali, la liquida sostanza, insieme a frantumi più o meno duri e

consistenti, viene scagliata a considerevole distanza. Sui fianchi del cono, dove la massa interna incandescente esercita una enorme pressione, si aprono, per solito, lunghe, ampie fessure, dalle quali sgorga la lava completamente fluida, e corre con grande velocità, la quale è talvolta superiore (specialmente sui rapidi pendii) a quella di un cavallo al galloppo; ma il torrente di fuoco non tarda a rallentare la sua corsa, ed il liquido, poco prima scintillante di luce, si copre qua e là di scorie rossastre o brune, come quelle del ferro fuso, che esce dalla fornace, e le quali sono il prodotto della rapida ossidazione delle materie al contatto dell' aria. Quelle scorie venendo poscia a conglutinarsi, si saldano, dapprima imperfettamente, lasciando dai loro spiragli uscire la materia fusa, poi più compattamente, formando, attorno al fiume di fuoco, come una solida galleria. È questa la cosidetta *Sciara*. La pressione delle lave rompe, di tratto in tratto, la crosta nella parte inferiore della vena, e la massa incandescente prosegue il suo cammino, spingendo davanti a sè le scorie, che rimbalzano con suono metallico. L' infuocato fiume, arginandosi continuamente da sè stesso e rompendo, con alterna vicenda, i suoi argini, si avanza infrenabile, irrestibile, finchè la sorgente non abbia cessato di alimentarlo.

L' irradiazione delle lave essendo impedita dalla crosta di scorie, che è assai cattiva conduttrice del calore, ne risulta che la temperatura ambiente si alza molto lentamente intorno ad un torrente di quelle materie incandescenti. È noto che le

guide napoletane che accompagnano i visitatori del Vesuvio durante una eruzione, si accostano alle scorrenti lave, per coniarvi grossolane medaglie, che vendono poscia ai forestieri. A distanza di pochi metri da uno spiraglio della sciara, gli alberi dell' Etna continuano a vivere ed a fiorire. Furono anzi veduti, come in suo luogo narrai, sui fianchi di quella montagna, serbarsi per alcun tempo in piena vegetazione e difesi dallo stato sferoidale della umidità, alberi circondati tutti dall' ardente lava. Vedemmo pure che qualche volta le eruzioni vulcaniche, sulle alte montagne, determinano lo squagliamento subitaneo delle nevi e producono, per conseguenza, disastrose inondazioni. Ma talora le nevi non si sciolgono, e si conservano sotto le scorie per secoli e secoli. Lyell ne vide di antichissime sotto le lave dell' Etna; i geologi americani ne scoprirono sotto le masse rigettate dal cratere del monte Hooker; Darwin, sotto le ceneri della Deception-Island, nella Terra del Fuoco; Philipps, sotto le lave del Nuevo de Chillan. Nel 1860, il Kutlagaya, in Islanda, scagliava nell' aere blocchi di lava e frantumi di ghiaccio insieme. Tutto ciò prova quanto sia debole il potere d' irradiazione delle lave, e ci lascia comprendere come assai a lungo si conservi il loro calore. Vi hanno viaggiatori, i quali affermarono di avere trovato profondi letti di lava, caldissimi ancora, dopo un secolo di soggiorno negli îmi fianchi delle montagne.

Quando la lava è poco fluida, assume l' aspetto della resina, ed è appunto chiamata allora *pechstein*

(pietra-pece). Allorchè la roccia uscita in fusione dal seno della montagna è ancora più raffreddata, racchiude innumerevoli cristalli. Tali sono gli aghi di lava rossa, simili a fiamme inclinate sulla superficie del suolo, che presentano i dintorni del Djebel-Hauran; tali i fiocchi arborescenti delle Sandwich; tale la grotta basaltica della *Giant's Causeway*, sulla costa di Antrim in Irlanda, che conta 40,000 prismi o colonne di mirabile struttura; tale la caverna di Staffa, in Iscozia, celebrata nei canti caledonici, siccome l'opera del semidio Fingal; tali le isole dei Ciclopi o Faraglioni nel mar di Sicilia, cui la tradizione popolare considera come resti delle rupi scagliate da Polifemo sulle navi di Ulisse.

Numerosi esempi da noi raccontati nelle precedenti pagine ci provano che talvolta i vulcani, invece di materie in istato di fusione, vomitano ceneri, che poi si dispongono in coni parassitici lungo la pendice della montagna; come del pari osservammo più casi, nei quali, in un eccezionale parosisma della energia vulcanica, tutta la vetta della montagna, sopra uno spessore di più centinaia o anche migliaia di metri, scoppiò nell'aere, come una bomba, lasciando così smozzato e decapitato il monte.

Un fenomeno che frequentissimo si osserva nelle grandi eruzioni, è lo svolgimento di copiosa elettricità atmosferica. Essa è evidentemente determinata dalla frizione del vapore d'acqua contro le innumerevoli particelle solide scagliate nello spazio

dalle forze vulcaniche, e dotate di altissima temperatura. Il cielo è allora illuminato non solamente dal sinistro riflesso delle lave, ma eziandio dai bagliori e dai lampi delle saette, che guizzano d' ogni intorno e al di sopra della vetta dei coni infiammati.

CAPITOLO VII.

Mobilità della superficie terrestre. — Aree di sollevamento e di depressione. — Conclusione dell'opera.

Se ciò che positivamente ed apoditticamente sappiamo e che possiamo con sicurezza affermare intorno alle cause le quali producono le vibrazioni sismiche e le vulcaniche riazioni, è insino ad oggi misto a non poca oscurità, molto più scarso ed imperfetto ancora è il tesoro delle esatte cognizioni nostre sopra un'altra categoria di fenomeni, assai probabilmente connessi coi summentovati due ordini di fatti, ma avente un influsso notevolmente più grande sulla economia e sulle generali forme del nostro globo.

Voglio parlare dei fenomeni di lenta depressione e di graduale sollevamento, o, più genericamente, dei fenomeni di mobilità della superficie terrestre, fenomeni ai quali abbiamo per incidenza dovuto fare più d'una volta allusione nel corso di questo lavoro,

ma sui quali sarà di presente opportuno qualche maggiore e più particolareggiato schiarimento.

Sarà fra pochi anni trascorso un secolo e mezzo, dacchè l'astronomo svedese Celsio, raccogliendo le unanimi testimonianze degli abitanti delle coste di Botnia, circa il continuo ritirarsi del mare Baltico, recava per la prima volta i lumi di una indagine scientifica nello studio di un problema, del quale la popolare immaginazione e le tradizioni orali di molte genti antiche e moderne non avevano cessato giammai di preoccuparsi. Vari porti, un di frequentati, sui lidi Scandinavici, fatti oramai impervii alla navigazione e poveri di acque, aveano dovuto essere abbandonati; in più luoghi, lontani attualmente dal mare, eransi trovati numerosi avanzi di navi e ruderi di edifizi, che i locali ricordi e persino i canti nazionali asserivano un dì costrutti sul lido.

Avvenimenti di cotal fatta non potevano spiegarsi che o mediante un progressivo sollevamento delle terre, o mercè di una del pari progressiva depressione del mare.

Quest'ultima era l'ipotesi alla quale, in un'epoca in cui l'immutabilità delle forme solide del nostro pianeta formava ancora una specie di dogma, appigliavasi il volgo; ed a questa opinione facendo omaggio, Celsio attribuiva il costante incremento del lido ad un arcano ma graduale abbassamento della superficie del mare. Discutendo accuratamente i fatti osservati, ei ne dedusse nel 1730 l'idea che il Baltico si ritira e si deprime circa 44 pollici sve-

desi (1^m, 11) ogni secolo; e nell'anno successivo, avendo fissato, di concerto coll'immortale Linneo, un capo-saldo alla base di uno scoglio nell' isola Læffgrund, non lungi da Gefle, potè riconoscere co' suoi proprii occhi, tredici anni più tardi, che il ristringimento del Baltico andava compiendosi almeno così rapidamente com'egli aveva appunto supposto, perocchè la differenza di livello osservata, dopo quel breve intervallo di tempo, era di 0^m, 18, quantità che estesa ad un secolo, darebbe 1^m,385. — Dal 1730 al 1849 il sollevamento di Læffgrund fu di 915 millimetri soltanto.

I teologi di Stoccolma e di Upsala accusarono Celsio di empietà; ma questa sorta di anatema (cui devono oramai adusarsi i cultori della scienza) punto non impedì che i geologi, visitando a più riprese, durante un secolo, le coste svedesi, riconoscessero e riconfermassero le osservazioni del valente astronomo e dell' illustre naturalista. Egli è vero bensì ch' essi dovettero invertire l' ipotesi da Celsio emessa; ed invece di attribuire il fenomeno ad un graduale abbassamento delle acque, riconobbero con irrepugnabile certezza che il cambiamento del relativo livello dipende, all'incontro, da un costante sollevamento della massa continentale.

Già fino dal 1740 l'italiano Lazzaro Moro [1] aveva osato dichiarare, contro il famoso *Terra autem stat*, che la terra e non il mare è realmente l'ele-

[1] *Sui crostacei ed altri corpi marini che si trovano sui monti.* — Vedi anche Generelli, che fu scolaro del Moro, *De' crostacei e di altre produzioni del mare.* 1749.

mento mobile ed instabile sul nostro pianeta. Che se, infatti, la superficie marittima progressivamente si deprimesse, l' acqua che per legge di natura mantiensi sempre orizzontale, ritirerebbesi egualmente su tutto il contorno dei continenti e delle isole ove il cambiato livello si osserva, anzi, mercè della libera comunicazione degli oceani, su tutti i lidi dei mari. — Ora ciò punto non è: nell' atto che sulla boreale estremità del golfo di Botnia, presso la foce della Tornea, il continente emerge di 1^m, 60 per secolo, sollevasi di 1 metro soltanto allato alle isole Aland; a mezzodì di questo arcipelago, si aderge più lentamente ancora; e finalmente la punta terminale della Scania non solo non s' innalza, ma va anzi gradatamente immergendosi nelle acque del Baltico, come provano antiche foreste ivi sommerse. Parecchie strade delle città di Trelleborg, Ystad, Malmoe già sono di tal guisa scomparse; quest' ultima si è abbassata di 1^m, 50 dopo le osservazioni fatte da Linneo, e la costa ha perduto in media una zona di 30 metri di larghezza.

La penisola scandinavica può quindi assimilarsi ad un piano solido girante attorno ad una linea di appoggio, e con un vero movimento di lieva o altalena, sollevante una delle sue estremità, nell' atto che l' altra si abbassa. Questo movimento non è però uniforme, ma ora si accelera, ora si rallenta, come prova chiaramente l' ineguaglianza di spessore degli strati, delle linee e dei banchi di conchiglie sovrapposti, che si prolungano sui fianchi delle montagne

del lido norvegio, segnando i limiti che nei diversi secoli andati aveva la spiaggia [1].

Del pari che la Scandinavia, così pressochè tutte le altre contrade del Nord dell'Europa e dell'Asia sono animate da un movimento di lenta ascensione. Le isole dello Spitzberg offrono, tra la riva attuale del mare e le montagne, antiche piagge lenemente inclinate e a guisa di terrazze, larghe da 1 a 4 chilometri, nelle quali trovansi, fino all'altezza di 45 metri, ammassi di balene e di conchiglie, appartenenti a specie identiche a quelle che vivono oggi ancora in quei mari [2].

Un identico fenomeno accade sulle coste boreali della Russia e della Siberia; perocchè i Signori Kaiserling, Murchison e De Verneuil trovarono, 400 chilometri a Sud del Mare Bianco, sulle rive della Dwina e della Vaga, strati di sabbia e d'argilla contenenti conchiglie dell'epoca attuale di quel mare; ed il Signor Von Middendorf si è accertato che il suolo delle *tundras* siberiane è in gran parte coperto di un esile strato sabbioso ed argilloso, esattamente simile a quello che si va tuttodì depositando in riva del Mar Glaciale. Egli è probabile ancora che questo sollevamento del suolo abbia proseguito, più a

(1) V. Leopoldo De Buch, *Voyage en Norvége et en Suède pendant les années 1806 et 1807*, Parte II, pag. 389. — Lyell *Philosoph. Transact. for 1835.* Parte I. — Lyell, *Principles of Geology*, vol. II, cap. 33, pag. 236. — Forchhammer, nel *Philosoph. Magazine*, Serie III, vol. II, pag. 309. — Bravais, *Sur les lignes d'ancien niveau de la mer*, pag. 15-40. — Humboldt, *Cosmos*, vol. I, pag. 246. — Reclus, *La Terre*, vol. I, pag. 762.

(2) Malmgren, *Mittheilungen von Petermann*, II, 1863.

levante, nelle terre circumpolari del Nuovo Mondo, fino alla boreale Groenlandia; poichè a Port-Kennedy, Walker ha raccolto crostacei dell'epoca attuale a 170 metri di altezza sul mare, ed un osso di balena a 50 metri [1]; ed è sperabile che nessuno vorrà più, nel secolo XIX, ripetere il meschino frizzo di Voltaire, al dire del quale le conchiglie trovate sulle Alpi vi sarebbero state perdute dai pellegrini che andavano a Roma. Non si comprenderebbe in ogni caso quai pellegrini potessero essersi divertiti a recare balene sulle erte colline groenlandesi.

I dirupi litorani della Scozia presentano fenomeni analoghi ai surriferiti. Sui fianchi di quelle nude e scoscese rocce stendonsi numerose linee parallele di livello, tracciate dalle onde del mare, e sono tutte cosparse di crostacei dell' Oceano, indicando la graduale elevazione della Caledonia [2].

Ma non è soltanto nelle parti settentrionali dell' antico continente che riscontransi cotesti fenomeni di sollevamento: ne abbondano altresì le prove nelle contrade che circondano il Mediterraneo. Dopo i memorandi studi di Escher de la Linth e di Desor (1863) sul Sahara, non è più possibile il dubitare che questo grande deserto fu già vasto mare, e che fu pro-

[1] Sam Haughton, *Natural history Review*, for april 1860.

[2] Darwin, *On the parallel roads of Glen-Roy and Lochaber*, nelle *Philosoph. Transact.* for 1839, pag. 60. — Archib. Geikie. *Edinbourgh new philosoph Journal, new Series XIV.* — Bellissimi disegni di quelle *strade parallele* comparvero nelle *Illustrated London News* nel 1868. Una assai pregevole tavola di Sir Lauder Dick, rappresentante le *Parallel roads* di Glen-Roy e di Glen-Spean, trovasi riprodotta a pag. 252 della stupenda *Antiquity of Man* di Sir Charles Lyell.

sciugato dal suo innalzarsi, in epoca geologica recente, di quasi 300 metri sull'antico livello. Alla esistenza di questo Mediterraneo Africano l'illustre geologo, che ho di sopra pel primo citato, attribuisce in gran parte l'enorme estensione dei ghiacciai che occuparono già anticamente l'Europa. Egli è ovvio, infatti, il comprendere che innanzi al prosciugamento di quell'interno mare, le falde aeree viaggianti verso borea, saturavansi di umidità passando al di sopra delle acque, ed innalzandosi nelle regioni superiori, recavano del continuo alle cime delle Alpi novelli strati di nevi, in luogo di fonderle come fa attualmente il *Föhn*, il vento di mezzodì, apportatore di quelle nebbie, che i Tedeschi e gli Svizzeri chiamano pittorescamente mangiatrici di nevi (*Schneefresser*), scaldato e disseccato qual'è quel meridionale soffio dall'ardente riverbero delle sabbie desertiche.

Il movimento di elevazione, che ha prodotto quella grande metamorfosi dei nostri climi, continua tuttavia sulla costa africana: i lidi della Tunisia non cessano di guadagnare terreno sul mare, ove gli antichi porti di Cartagine, di Utica, di Mahedia, di Porto-Farina, di Bizerta ed altri sono colmati; dove si obliterano i seni; dove i promontori si avanzano.

La Sicilia obbedisce allo stesso impulso — Sulle colline che dominano la conca di Palermo, osservansi, a 55 metri di altezza, grotte che il mare ha scavate, poichè vi sono in copia conchiglie oggi viventi nel Mediterraneo. Sulla costa orientale dell'isola, Gemellaro ha determinato un recente adergimento di 13 metri; ed il La Marmora, dal canto

suo, ha trovato in Sardegna, non lungi da Cagliari, ad altezze di 74 e di 78 metri, depositi simili ai *Kiœkhenmœdinger* della Danimarca, cioè formati di conchiglie e di avanzi di cocci dell' epoca umana preistorica, e il dotto geologo suppone (senza che però qui sia perfettamente sicura la prova) che quel terreno fosse presso al mare in epoca in cui l' uomo già viveva nell' isola ([1]).

Basta avere percorso la nostra ligure costiera, e visitato le grotte di Mentone, di Ventimiglia, del Capo di Noli, per riconoscere che quei lidi furono coperti in epoca recente dal mare.

Il movimento di ascensione, che sollecita gli orli della parte occidentale del Mediterraneo, si continua, verso ponente fin sulle rive dell' Atlantico, dove a Seixal, presso Lisbona, i costruttori navali furono di recente costretti ad abbandonare i cantieri dei grossi vascelli di linea, per la progressiva diminuzione delle acque; e verso levante, nella parte orientale del grande bacino, ove Malta, Rodi, Cipro sono contornate da terrazze circolari, più o meno elevate sul mare, e composte di rocce calcari e sabbiose di recente formazione, e dove la parte settentrionale di Candia mostra i segni di un sollevamento di venti e più metri, avvenuto nell' epoca attuale.

Non è necessario rimontare al di là dei tempi storici, per trovare le prove che l' Asia Minore si

([1]) La Marmora, *Partie Géologique*, tom. I, p.p. 382, 387 della sua dotta opera sulla Sardegna. — V. Lyell, *Antiquity of Man*, Chap. X, pag. 174 e seg. — Sulle oscillazioni della meridionale Italia, vedi nel Cap. IV della Parte I di questo Saggio, pag. 121 e seg., la Storia del Tempio di Serapide.

è ampliata a scapito del mare vicino, dalle cui sponde le rovine di Troja, di Efeso, dell' antica Smirne, e di Mileto si allontanano ogni dì più, per effetto del lento sollevarsi di quella parte del continente asiatico.

Lo studio geologico della Russia meridionale e dei piani di Tartaria ha dimostrato del pari che il Caspio, il Mare di Aral e quelle innumerevoli lame di acqua onde è cosparsa la steppa, sono gli avanzi di un antico immenso Mediterraneo, che fu separato dal Ponto Eusino e dal Golfo d' Obi mercè della graduale espansione del continente ([1]).

Le coste egiziane presentano una serie di fenomeni ancora più complicata. — In un' epoca relativamente moderna, tutto l' Istmo di Suez sollevavasi ancora; e percorrendo in tutta la sua lunghezza da un mare all' altro quel deserto, io vedeva nel 1865 ad ogni piè sospinto i manifesti indizi di questa ascensione, nell' enorme deposito di sale dei Laghi Amari e nella frequenza di conchiglie dell' epoca attuale. Ma questo movimento si è in oggi arrestato, per cedere il luogo ad un opposto movimento di discesa, come provano le rovine di città nel mezzo della salmastra palude del lago Menzaleh, nel quale le acque marine penetrano da quei medesimi *boghas*, dai quali alternativamente, nell' epoca delle piene niliane, escono le acque dolci.

Alcunchè di simile avviene lungo le estreme nostre costiere sull' Adriatico, le quali, dopo es-

([1]) **Humboldt**, ***Asie Centrale***, **tomo II, pag. 283 e seg.**

sersi forse sollevate nelle età trascorse, vanno ora avvallandosi a mare. Sono oramai tre secoli dacchè Angiolo Eremitano emetteva l'opinione che le isolette della Venezia si abbassassero circa un piede per secolo; ipotesi basata sul paragone de' sovrapposti selciati delle strade, e la quale fu poscia pienamente confermata. Parecchie costruzioni romane, nell'isola di S. Giorgio, sono ora inferiori al pelo d'acqua delle lagune; altrove il suolo stradale è coperto dalle acque. Nel 1731 Eustachio Manfredi riconobbe lo stesso fenomeno di depressione a Ravenna, attribuendolo però erroneamente all'innalzamento dell'Adriatico. Una intera città, la Conca, situata un tempo presso alla Cattolica, alla foce del Crustummio, è da secoli totalmente sommersa, ed in tranquillo mare lo sguardo del pensoso viaggiatore vede ancora, sotto le onde, due delle antiche sue torri.

Questo movimento di sommersione si verifica in proporzioni più notevoli ancora sulle rive della Manica e del Mare Germanico. — Presso i lidi della Bretagna, della Normandia e della meridionale ed orientale Inghilterra, vaste foreste e numerosi edifici furono inghiottiti dal mare nei tempi storici. La Gran-Bretagna fu indubitabilmente un tempo unita alla Francia, da cui le invasioni marittime l'hanno separata [1]; la Danimarca e lo Sleswig-Holstein hanno, per questa medesima cagione, perduto una massa di territorio, che da alcuni autori è valutata,

[1] Una serie di dotti articoli su tale quistione comparvero nell'*Artizan* del 1868. — Vedi anche Bonissent, *Congrès Scientifique de Cherbourg*, 1860. — Lyell, *Antiquity of Man*.

per gli ultimi sei secoli, a 3175 chilometri quadrati. ossia $^1/_{18}$ dell' area totale di quella regione.

I movimenti di oscillazione del suolo, più ancora che in Europa, si manifestano energicamente nel Nuovo Mondo; ed all'immortale Carlo Darwin spetta in peculiar modo la gloria di avere iniziato la scienza alla loro determinazione (1).

Egli è principalmente sulle coste del Chilì che gli indizi del generale sollevamento della meridionale America appariscono indubbiamente manifesti. Tutte le valli della gigantesca catena delle Ande sono caratterizzate dallo avere, sovra ambi i lati, una specie di orlo o di terrazza di sabbie e di ghiaie, rozzamente stratificate e generalmente di ragguardevole profondità. Questi orli evidentemente si estendevano una volta lungo tutta la valle, ed erano fra loro uniti; ed infatti i fondi e i compluvii delle valli del Chilì più settentrionale, dove non iscorrono fiumi, sono per tal guisa appunto ripieni di quelle sabbie. Egli è su quelle terrazze che sono generalmente condotte le strade. Esse possono osservarsi ancora ad un' altezza da 7000 a 9000 piedi, finchè divengono nascoste dai mucchi irregolari ed informi di detriti. Al più basso margine delle valli, esse sono continuamente unite a quelle chiuse pianure, che sono così caratteristiche del paesaggio Chiliano ai piedi delle Ande, e che furono sicuramente formate e

(1) *Journal of researches into the natural history and geology of the countries visited during the voyage of the Beagle.* — Ho riassunto le scoperte dell' illustre naturalista nella mia *Fisica del Globo.* — Vedi anche Reclus, *La Terre I*, pag. 785 e seg.

riempiute dalle ghiaie che le ricoprono, quando il mare penetrava nelle interne e basse terre del Chilì, come penetra oggi ancora nelle coste più meridionali d' America. Gli orli ghiaiosi, de' quali si tratta, rassomigliano precisamente per composizione alla materia che i torrenti depositerebbero in ogni vallata, qualora essi fossero impediti di procedere oltre da una causa qualunque, come per esempio dal loro sboccare in un lago o in mare; ma i torrenti, ben lungi dal depositare materie, sono ora energicamente all' opera nel portar via tanto le solide rocce quanto quelli antichi depositi alluvionali, lungo l' intera linea di ogni vallata. Laonde il Darwin da tutti questi fatti argutamente inferiva che le mentovate terrazze di ciottoli e ghiaie furono accumulate durante la graduale elevazione della Cordigliera, mercè dell' abbandono che i torrenti facevano, a sucessivi livelli, dei loro detriti, sui margini di lunghi e profondi bracci di mare, dapprima nelle parti più alte della attuale vallata, poi, man mano che questa si adergeva, nelle parti più basse di lei, a misura che questa si andava lentamente sollevando, ed il mare, per conseguenza, ritirando. La presenza antica del mare su quelle erte giogaie è, del resto, attestata dall' infinito numero di conchiglie, le quali nelle remote età riposavano sul fondo dell' Oceano, ed ora con questo fondo istesso sonosi alzate a quattordici o quindici mila piedi al di sopra dell' attuale livello del mare. Ma l' esposta induzione del Darwin dimostra che questo sollevamento della grande ed anfratta catena

della Cordigliera, invece di essersi operato, come i geologi della scuola delle *Rivoluzioni* hanno lungamente creduto, per subitanea e violenta emersione, si è venuto lentissimamente ma continuamente compiendo, benchè in qualche raro caso con subitanei parosismi, in quella stessa graduale maniera con la quale, in più recente periodo, si venne alzando tutta la costiera americana sul Pacifico.

Gli indizi di un lento moto di ascesa sono egualmente visibili sulle sponde della Bolivia e del Perù. Nella zona occidentale del deserto di Atacama, il suolo, coperto fino a grandi altezze di conchiglie e di efflorescenze saline, direbbesi quasi abbandonato ieri dal mare. Lungo il lido, ed a tergo delle città di Cobija, d'Iquique, di Arica ed altre, i monti portano in lunghi profili, affatto simili alle *Parallel-roads* della Scozia, le tracce dell'antica presenza del Pacifico sui loro fianchi. Dinnanzi all'ultima di quelle città, il mare si è ritirato di 150 metri nel periodo di quarant'anni, e si dovette far prolungare di eguale tratta il molo, per gli sbarchi. In faccia al Callào di Lima, sovra un dirupo dell'isola di S. Lorenzo, Darwin ha scoperto, a 26 metri di altezza sul livello del mare, in uno strato di conchiglie moderne, molte radici di alghe, ossa di uccelli, spighe di grano turco, canne intrecciate e una fetuccia di cotone quasi interamente decomposta. Quelli avanzi di umana industria rassomigliano perfettamente a quelli che trovansi nelle *huacas*, o necropoli dei vetusti Peruviani. Non può aversi adunque il menomo dubbio

che quella regione si è alzata di 26 metri, dacchè la abita l'uomo pellerossa. Ma, per una di quelle oscillazioni delle quali vedemmo già di sopra parecchi esempi, egli pare che attualmente il suolo che porta il Callao si affondi nuovamente, giacchè il luogo ove sorgeva l'antica città è ora in gran parte sotto le acque. Ciò che è però degno di nota si è che questa depressione riveste essenzialmente il carattere di un fenomeno locale, e di una eccezione al generale movimento di ascesa di tutto il lido americano; perocchè, poco più a Nord, a Colon, a Santa-Marta e in tutta la Nuova-Granata, il suolo si è visibilmente alzato dall'epoca della venuta degli Europei in appresso.

Sulla costa orientale, l'America del Sud, dopo essersi sollevata nel periodo postpliocenico (siccome provano irrefragabilmente e la forma topografica pianeggiante dei Pampas e gli avanzi paleontologici), ma con estrema lentezza, sembra obbedire di presente ad un generale inverso movimento di depressione. Accade quindi in quella regione ciò che vedemmo avvenire in Scandinavia, un movimento di lieva o di altalena.

Anche nell'America boreale numerosi indizi furono scoperti di un generale sollevamento, al quale una delle catene parallele delle Montagne Rocciose o della Sierra Nevada serve di asse. Tutta la zona litorana del Tamaulipas e del Texas guadagna rapidamente in larghezza; il che in parte avviene per effetto de' venti quasi costanti di mezzodì, i quali portano notevoli quantità di sabbia, ma in

parte maggiore per reale sollevamento del suolo, che in 18 anni (1845-1863) ha alzato di 30 a 60 centimetri le piagge della baia di Matagorda. I banchi di corallo, che emergono via via dalla superficie del mare, provano con evidenza l'innalzamento di tutta la penisola della Florida.

Sulla costa orientale della boreale America, il movimento non è nè generale nè uniforme, essendovi regioni (come il Labrador e la Terra Nuova) che si sollevano, ed altre (come la Giorgia e la Carolina meridionale) che si abbassano. Quest'ultimo fenomeno si verifica anche più rapidamente nella immensa Groenlandia, la quale, dopo essersi, come già notammo, in una età precedente, spinta con assai energia all'insù, tende ora ad inabbissarsi nell' Oceano.

Le cause arcane che determinano queste flessioni nella parte così impropriamente chiamata solida del nostro pianeta, sembrano essere assai inegualmente distribuite nelle varie masse continentali che la compongono. Mediocremente energiche, come vedemmo, nell' antico continente, sono coteste cause di gran lunga più attive nel nuovo, e toccano il loro apogeo nel nuovissimo.

I viaggiatori tutti i quali hanno navigato il grande Oceano, osservarono con meraviglia l' innumerevole quantità di isole, di scogliere a ghirlanda e di *Atolli*, che i polipi e le madrepore vanno costantemente innalzando dal seno delle acque.

Gli Atolli consistono in un vasto anello o cerchio, che di poco si eleva sulle acque circostanti, e contro

al cui margine esteriore vengono a frangersi, balzando in bianchissima e scintillante spuma, i furiosi cavalloni dell' Oceano, nell' atto che, al di dentro, una tranquilla e placida laguna, di limpide e verdastre acque, stendesi, lasciando spesso scorgere nei bassi fondi, illuminati da un sole ardente, un puro letto di fina e candida sabbia.

Il cercine dell' Atollo frondeggia, d' ordinario, di belle piante, e specialmente degli eleganti e maestosi alberi del cocco.

Tutta questa maravigliosa costruzione è l' opera intanto di un piccolissimo animaletto, della *Madrepora,* dell' animale del corallo, le cui generazioni, accumulandosi per secoli e secoli e propagandosi per lenta ed incessante sovrapposizione, finiscono per formare banchi immensi ed isole ed arcipelaghi di vasta estensione. L'atollo di Suadiva ha 44 miglia geografiche di maggiore diametro, e 34 miglia di diametro minore; quello di Rimsky è di 54 miglia su 20; quello di Bow è lungo 30 miglia e largo 6; quello della più grande fra le Maldive ha 88 miglia geografiche di lunghezza, su 15 di media larghezza. Immense poi sono le profondità dalle quali s' innalzano cotesti mirabili edifici organici. Le pareti dell' atollo sono tutte formate di animaletti corallini, che ad una piccola profondità sono viventi, mentre in vicinanza della superficie e nel profondo non sono più che natura morta o avanzi di spente polipaie. Dal lato interno, le pareti dell'anello scendono a ripiani, abitati da polipi viventi, fino a cinquanta o cento metri; ed anche il fondo della laguna è pieno di polipi vivi

e dei detriti dei morti. — Egli è considerando questi fatti e ponendoli a raffronto con quelli attestati d'altronde dallo scandaglio di Brooke, il quale trovò tutto coperto di microscopici foraminiferi il fondo dell'Oceano, e con quelli altresì rivelati dalle poderose lenti di Ehrenberg, il quale riconobbe la composizione organica delle terre di una gran parte d'Europa, che siamo noi irresistibilmente costretti ad esclamare con Giorgio Byron: « il suolo, che noi calpestiamo, fu un giorno vivente! »

Dagli Atolli propriamente detti non per altro differiscono le Scogliere a ghirlanda, se non perchè queste hanno nel mezzo delle loro lagune una o più isolette, per modo che la tranquilla, placida laguna è interposta a queste ed al cerchio esteriore. Il viaggiatore che occupa l'isola centrale, mira allora tutto intorno a sè una rigogliosa vegetazione, al suo piede l'immobile laguna, più in là l'anello che cinge tutta la formazione, coperto anch'esso di fronzuti alberi da cocco, e, più in là ancora, l'interminata distesa dell'Oceano. Le isole di Hogolen e di Siniavin, fra le Caroline, sono appunto di questa varia, amena natura; tale si mostra pure l'isola di Vanikoro, tristamente celebre pel naufragio del misero La Perouse. Ma il più magnifico, incantevole esempio ne viene pôrto dall'isola di Tahïti, la più grande dell'Arcipelago della Società.

Eguale elementare struttura hanno, finalmente, le Scogliere a sbarra, benchè diverse dalle precedenti per la loro positura relativamente alla spiaggia. Esse sono, in generale, lunghe striscie o banchi di

madrepore o di coralli, paralleli alla costa di un continente e di un' isola, lascianti tramezzo un angusto e profondo canale. La più maestosa formazione di questa maniera è il banco corallino che cinge a N. E. il lido dell' Australia, sopra una lunghezza di oltre 1000 miglia. Il lungo fiotto dell' Oceano (dice il viaggiatore Jones), repentinamente impedito nel suo corso da codesta irta barriera, si solleva ardito in ampia, continuà cresta di acqua cupamente cerulea, la quale, rovesciandosi in larghe volute, cade sul margine della scogliera in una incessante catteratta di abbarbagliante, bianchissima spuma. Ogni linea di frangenti corre suo viaggio per lo spazio di una o due miglia, senza percettibile soluzione di continuità. Il perenne mugghiare del fiotto, col suo pulsar regolare di tuono, è assordante, ma sì perfettamente intonato, da non punto elidere i lievi suoni più vicini.

La temperatura delle acque e dell' aere sembra esercitare una preponderante influenza sulle formazioni madreporiche, non incontrandosi esse se non nelle calde regioni del globo. Raramente si trovano a due o tre gradi al di là dei tropici, eccetto che in qualche rara località, che le correnti pongono in condizioni affatto peculiari. Tali sono le Isole Bermude a 32° di lat. N., dove il Gulf-Stream porta le calde e vitali sue acque.

Benchè i primi viaggiatori, che visitarono il Pacifico, segnalassero le strane forme degli Atolli, e fin dal 1605 ne parlasse con meraviglia il francese Pyrard de Laval, egli è soltanto nei moderni

tempi, che si è esattamente conosciuta la struttura di quelle singolari isole. Il primo a darne una chiara idea fu l' inglese Strachan, nel 1702; ma si fu l' ingegnoso e dotto compagno di Cook, il Forster, che nel 1780 ne pose in chiaro la vera teoria. L' immortale Carlo Darwin, che nel 1836 visitava sul *Beagle* l' Oceania, completò finalmente questa parte della storia naturale del nostro pianeta.

I primi viaggiatori che visitarono quelle tre singolari specie di formazioni pelagiche, immaginarono che i coralli istintivamente fabbricassero i loro grandi cerchi per procurarsi, nella parte centrale di essi, un riparo contro le onde del mare; il che è si poco conforme al vero, che quelle specie coralline più grosse, alle quali la costruzione è dovuta, non possono vivere nella interna laguna, dove fioriscono invece e prosperano altre specie più piccole e delicate. Altri pensarono che gli atolli siano eretti sopra crateri submarini; ma quando noi consideriamo la forma e le enormi dimensioni di molti atolli, il numero, la prossimità e le relative posizioni degli altri, questa idea perde ogni carattere di plausibilità. Una terza e meno singolare ipotesi fu posta innanzi da Chamisso, il quale pensava che, siccome i coralli sviluppansi più vigorosamente se esposti all' aperto mare, così i margini esteriori dell' atollo devono crescere più rapidamente di tutte le altre parti della formazione, d' onde appunto la struttura anulare dell' isola.

Ma anche in questa teoria si pone in non cale una molto importante considerazione: qual è la

base sulla quale i coralli edificatori, che non possono vivere in grandi profondità, hanno fondato la loro costruzione? La massima profondità alla quale i coralli possano costrurre le loro scogliere, è, giusta molte accurate osservazioni, di 20 o 30 braccia al più.

Or bene, enormi aree sono negli Oceani Pacifico ed Indiano, nelle quali ogni singola isola è di corallina formazione, negli abissi del mare.

Questi fenomeni non possono, come tanti altri della storia terrestre, spiegarsi se non mercè di lente oscillazioni della superficie. L'abbassamento del letto dei mari fa comprendere la formazione degli atolli e delle scogliere a sbarra; mentre una graduale elevazione del suolo spiega la posizione dei coralli che orlano il lido fino ad una certa altezza al di sopra delle onde.

Le polipaie hanno cominciato le loro costruzioni a pochi metri al di sotto della superficie del mare; poi, a misura che il suolo si affondava col loro edificio di corallo, i nuovi nati animali salivano, salivano senza posa, per riaccostarsi alla luce, da cui l'abbassamento della loro dimora li allontanava. Le isole montuose che essi circondano con le loro scogliere, scemano continuamente di altezza, e lasciano tra loro e la barriera di corallo un canale ogni dì più largo e profondo. Viene il giorno in cui, ridotte allo stato di rupi isolate, dividonsi in solitari scogli, i quali ad uno ad uno si inabissano poi nell'oceano. Non resta più allora che un atollo, racchiudente tra le sue pareti una laguna, ove i detriti calcari vanno

lentamente accumulandosi. Gli indigeni dell' atollo di Ebon raccontano che, per popolare tradizione, un' alta isola, ricca già di palmizi e di alberi del pane, occupava un tempo la maggior parte della laguna. L' isola è scomparsa, ma l' anello circolare si è conservato a fior d' acqua [1].

I fenomeni di oscillazione, dei quali siamo venuti insino a qui discorrendo, si verificano, del resto, in tutte le parti del mondo pelagico, anche in quelle regioni dove mancano o sono men frequenti le formazioni coralline. — La grande isola di Borneo (mi diceva testè il mio concittadino Marchese Giacomo Doria, che vi fece lungo soggiorno) fu già probabilmente un arcipelago composto di molte piccole isole, il cui sollevamento, insieme a quello del fondo oceanico sul quale tutte posavano, diede luogo alla costituzione del gran corpo che oggi esse formano. È questa forse la cagione per la quale Borneo non ha vere catene di montagne, nè veri fiumi, ma bensì alternanze di valli lunghe ed aperte e di protesi pianori, fra i quali s' insinuano lunghi bracci di mare, ove le acque dei poco inclinati pioventi si mescolano con quelle dell' Oceano, e dove la fauna marina con la fluviatile si confonde.

[1] Carlo Darwin, autore di questa bella teoria delle formazioni madreporiche, ne diede dapprima comunicazione in una lettura alla Società Geologica di Londra, fatta in Maggio 1837; poscia la sviluppò in un volume intitolato *On the Structure and Distribution of Coral Reefs;* e finalmente la riassunse splendidamente nel Cap. XX dell'ultima edizione del suo *Journal of Researches* (pag. 465 e seg.) che ho tante volte citato. — Vedi anche Doane, *Nautical Magazine*, Sept. 1863, e Reclus, *La Terre*, vol. I, pag. 793 e seg.

Riassumendo le cose dette nel presente capitolo, non può oggimai revocarsi in dubbio questa grande legge di fisica geografia, che cioè quella che impropriamente appelliamo crosta solida e rigida della terra, è invece soggetta ad una complicatissima serie di movimenti di lenta e graduale emersione o depressione, che ne fanno oscillare le varie parti attorno a certi determinati assi o punti di appoggio.

« Siffatte oscillazioni, diremo qui con un elegante scrittore [1] non possono compiersi se non in virtù di una legge generale sconosciuta finora, ma certa. Non si può scorgere in esse, come voleva Berzelius, una serie di semplici e casuali accidenti prodotti da rotture e da accumulamenti di materie della crosta terrestre. Quei regolari movimenti non debbono tampoco confondersi coi terremoti vulcanici, dai quali si distinguono per la loro eccessiva lentezza, non meno che pel loro carattere di generalità. D'altronde tutti questi fatti qualsiensi sono determinati da cause che agiscono sulla massa intera del pianeta. Se i terremoti hanno le loro maree, siccome prova la più grande frequenza di quei fenomeni nell'epoca dei pleni e dei noviluni [2], non si potrebbe dubitare che anche le lente oscillazioni della terrestre superficie abbiano i regolari loro cicli. Soltanto la ragione di quelle maree secolari resta finora ignota. Dobbiamo noi ricercarla in qualche

(1) E. Reclus, *La Terre*, vol. I, pag. 808.

(2) Prego il lettore di rammentare qui ciò che abbiamo stabilito, parlando della *Cronostismologia*, nel Cap. II della Parte I di questo volume.

cambiamento delle condizioni fisiche del globo, oppure nelle rivoluzioni di qualche periodo astronomico? — A tale riguardo ci troviamo finora ridotti nel mero campo delle ipotesi ».

Innanzi di porre termine al presente Saggio, desidero richiamare la mente del mio lettore sopra un alto e nobile ordine di considerazioni, il quale sembrami emergere spontaneo ed evidente da tutto il vasto cumulo di fatti che sono venuto sin qui esponendo, e formarne quasi la logica e necessaria conclusione.

A quale intento, nella grande ed eterna economia della Natura, sono esse destinate le forze sismiche, vulcaniche, plutoniche, dalle quali il pianeta è sollecitato, e che pur sembrano ad ora ad ora turbarla?

Nel formolare siffatto quesito, io sono le mille miglia lontano dallo ascrivermi a quella vieta scuola delle *Cause finali*, che la moderna filosofia, da Wolfgang Goethe in poi, ha, io credo, per sempre sbandito dal campo della scienza. Dopo avere foggiato gli Dei a propria immagine, l'uomo sognò di fare simile a sè stesso una Natura, nuova forma di Antropomorfismo non meno assurda dell'antica. — Il *post hoc ergo propter hoc* è una delle più copiose fonti di errore che il sofisma abbia mai saputo inventare.

Io non intendo già dunque domandare per quali essenziali fini e con quali intenzionali propositi ponga la Natura in azione quelle forze irresistibili che abbiamo vedute scuotere i continenti, vomitare fiumi di fuso granito, sollevare e ad ora ad ora abbassare masse enormi della superficie del globo.

Ciò che voglio indagare, si è unicamente quali effetti, nella universale costituzione del globo medesimo, dalla azione di quelle forze risultino.

Basta volgere uno sguardo sulle forme generali della terra, per osservare una moltitudine di cause di distruzione, di erosione, di decomposizione, una folla di agenti demolitori, continuamente e senza interruzione operanti a sconnettere, a disaggregare le parti solide del pianeta, ad atterrarne i rilievi, a polverizzare le montagne. L'enorme potenza meccanica rappresentata dalle onde del mare è senza posa impiegata a frastagliare, corrodere, spezzare le sponde, a sottrarre immensi tratti e volumi di lido alle isole ed ai continenti. Il tempo è un nulla in geologia, come lo spazio è un nulla in astronomia. E se assommiamo secoli a secoli, facilmente ci convinciamo che questa azione distruggitrice del mare tende a scomporre interamente le parti del globo emerse dal suo seno.

Potenti ausiliari del mare, in quest' opera di corrosione, sono i fiumi. Guardiamo l' Adriatico, tutto giallo e quasi melmoso alle foci del Po, il quale vi protende ogni anno di ben 70 metri il suo delta. Che mai sono esse quelle terre, se non una sottrazione fatta dal rapace Eridano alla nostra penisola? Il Gange toglie dal suolo dell'India e reca al mare, *ogni settimana,* una massa di solida materia due volte più grande di quella che contiensi nella maggiore piramide di Egitto. Ad ogni minuto secondo che passa, l'Irawaddy ruba alle terre Birmane 62 piedi cubici inglesi di sostanza, — e ricordiamoci

che in ogni giorno sono 86,400 minuti secondi e 365 giorni nell' anno; per lo che la quantità totale di suolo asiatico che quel solo fiume sepellisce ogni anno nel mare, ammonta ad 1,565,332,000 piedi cubici.

Le bufere, gli uragani, i ghiacciai in movimento, sono altrettante forze demolitrici, le quali attentano alla esistenza delle superbe cime delle Alpi, con una energia e con una costanza, al paragone delle quali sono carezze i colpi che lo spirito della più violenta demagogia reca alle antiche istituzioni sociali.

Ma in quella guisa appunto che la vita e la civiltà delle nazioni risultano dall' antagonismo di due opposte tendenze, — l' una rivolta all' avvenire, ansiosa di libertà, e di eguaglianza, — l' altra radicata nel passato, avida di ordine e di conservazione; — in quella guisa medesima che la società perirebbe nell' anarchia, se prevalesse la prima di queste tendenze, e morrebbe esinanita nell' atonia, se fosse esclusivo l' impero della seconda; — così del pari, nella Natura, alle forze che lavorano alla decomposizione, sono opposte le forze che operano per la riedificazione; — ed è dall' armonia di questi contrari elementi che l' ordine e la vita del mondo ripetono l' origine e l' essere loro.

Or bene — qual' è il procedimento di rinnovazione, il meccanismo di ristorazione, che rappresenta il principio conservatore sul nostro pianeta? Qual' è l' Orosmade, che lotta senza riposo coll' instancabile Arimanio?

Se io non sono stato troppo infelice espositore delle dottrine sismopirologiche, non può essere dubbia la

risposta, che a siffatto quesito farà ogni oculato lettore.

Egli la troverà nella storia dei terremoti, la quale non parla già soltanto di città distrutte e di spalancate voragini, ma narra eziandio di una costa intera siccome quella del Chili, con la possente catena delle Ande, sovra un tratto di 100 miglia, alzata in una sola notte (Novembre 19, 1822) da due a sette piedi al disopra del precedente livello, lasciando l'anteriore linea del lido perfettamente allo scoperto ed all' asciutto. — L' antico mito dei Titani, che dànno la temeraria scalata ai cieli, non ebbe forse giammai una più grande applicazione e conferma.

Egli la troverà nella storia dei vulcani, la quale non si limita soltanto a narrare eccidi, come quelli di Pompei e di Ercolano, ma porge numerosi esempi di eruzioni, le quali portarono dalle interne viscere alla superficie della terra masse di materia due o tre volte più voluminose del Monte Bianco.

Egli la troverà finalmente in quelle immani onde terrestri di sollevamento, le quali lentamente ma irresistibilmente fanno adergere dal fondo degli Oceani vaste isole ed interi continenti.

È impossibile a chi abbia occhi per vedere il non riconoscere in tutto ciò quel potere di riedificazione, che controbilancia ed equilibria il potere di demolizione continuamente occupato a distruggere i rilievi del terrestre pianeta. — Plutone e Netunno prosieguono così l'eterna contesa, per cui vive e si svolge il mondo.

Egli è per siffatta guisa che i più terribili fenomeni che la Natura ci presenti nelle sue formidabili convulsioni, si convertono, dinanzi all' occhio del filosofo, in elementi di ordine, in cause possenti di conservazione e di armonia.

Movimenti parosismici, non però così fortuiti come crede il volgo, ma soggetti a certe leggi, già scoperte in parte dalla scienza, di periodicità cronologica e di geografica distribuzione; — rapporti continui fra questi fenomeni e quelli più propriamente vulcanici, eruzioni di lave, di fanghi, di acqua, di gaz ed altre emanazioni; — dipendenza e relazioni reciproche di tutti questi fenomeni, e loro connessione con alcune leggi astronomiche e meteorologiche; — esclusione della necessità e, per conseguenza, della razionale legittimità dell' ipotesi di un solo ed unico fuoco centrale, assegnato una volta siccome universale cagione di tutti i mentovati fenomeni; — esistenza di un incessante movimento, che fa perpetuamente ondolare la superficie così detta rigida del nostro globo; — tali sono, in sostanza, gli argomenti sui quali noi abbiamo procurato di recare, in questo nostro Saggio, la luce di una modesta ma paziente e leale indagazione.

Per ogni dove (ripetiamo qui in sul finire una frase, con la quale abbiamo cominciato il nostro libro) regna il moto, la trasformazione, il cambiamento; l' immobilità non esiste in parte alcuna dell' Universo. — L' uomo soltanto, nella impaziente sua aspirazione ad una quiete, che non è nella Natura, e che, se potesse attuarsi, ne sarebbe la morte,

spera talvolta di porre ostacoli all' adempimento di questa suprema legge cosmica, la quale governa tanto il mondo morale e sociale quanto il mondo fisico; — ma le forze ch' egli ha voluto nella sua insania limitare e circoscrivere, e le quali altro infine non sono fuorchè i rapporti necessari ed incoercibili delle cose, prosieguono inesorabili il loro eterno, armonico svolgimento.

FINE

INDICE DELLE FIGURE

INDICAZIONE DELLE TAVOLE

POSTE IN FINE DEL VOLUME

INDICE

—

PARTE SECONDA

VULCANI.

Tav. I
AFICO
OTI
160
140
120
AMERICA
Tornea 1735
Milano